العلوم الطبيعية

الأستاذ الدكتور

عبد الله محمد خطايبة

عميد كلية العلوم الإنسانية والإجتماعية

جامعة صحار - سلطنة عُمان

الدكتور

عبد الرؤوف محمد الديري

قسم الفيزياء/جامعة اليرموك

الأستاذ الدكتور

حكم عبد الجبار صوالحة

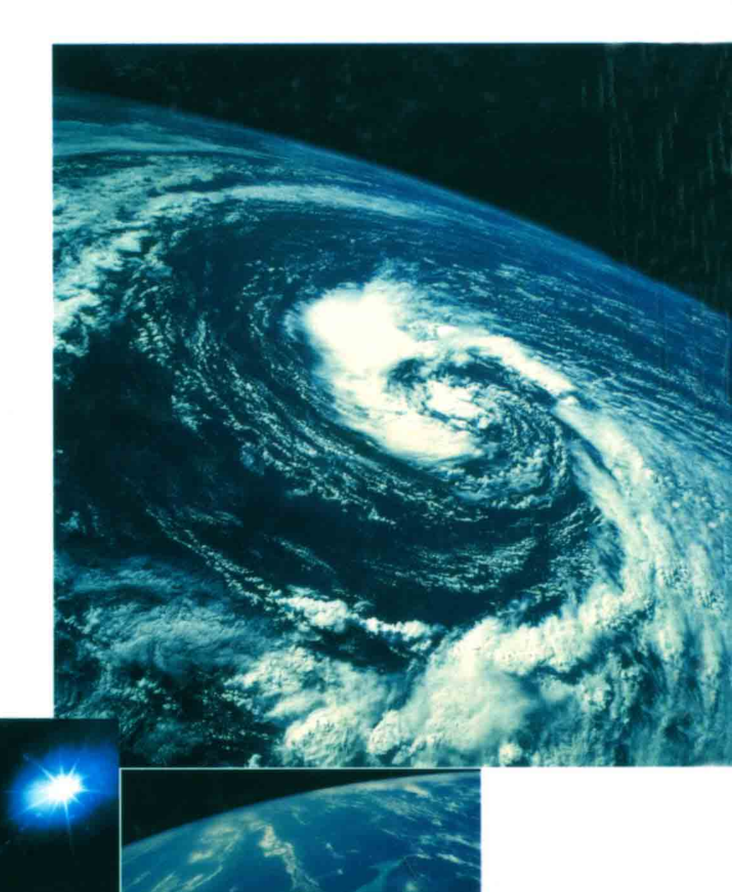
قسم علوم الأرض والبيئة

جامعة اليرموك

الأستاذ الدكتور

بركـات البـطـاينة

قسم الفيزياء/جامعة اليرموك





المحتويات

مقدمة الكتاب

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين، سيدنا محمد صلوات الله وسلامه عليه وبعد،

لقد مجدّ الله العلم وكرّمه، فكان أول التنزيل (اقرأ باسم ربك الذي خلق، خلق الإنسان من علق، اقرأ وربك الأكرم الذي علّم بالقلم، علم الإنسان ما لم يعلم). وقد كان العلم وما يزال أغلى ثمار العقل الذي ميّز الله به الإنسان على سائر مخلوقاته، فسادها وسيطر عليها، ولا يزال يمد من سلطانه على الكائنات، ولم يقنع بالأرض التي خلق فيها، يكشف أسرارها، ويستنبط خيراتها، ويسخر طاقاتها، بل طاول الأفلاك في مداراتها سعياً لغزو الفضاء قبل أن تضيق بكشوفه وبحوثه مجالات الأرض ورحابها.

ولقد كان التقدم الكبير الذي أحرزته البشرية في مجال الحضارة هو ثمرة العلم وحصيلته. فلا نجد صغيرة ولا كبيرة من وسائل الحياة ومقوماتها إلا ولها أصل في العلم ترجع إليه سواء في الكشف عنها أم في تهذيبها وترويضها لتكون صالحة لتحقيق غاية أو توفير مصلحة. والتطور والتقدم في هذه الوسائل والمقومات هما نتيجة للتقدم والتطور في العلم وهما في الوقت نفسه تأكيداً لهما.

فهذا كتاب العلوم الطبيعية نقدمه لزملائنا أعضاء هيئة التدريس وللطلبة في الجامعات والكليات بعد أن أصبح هذا الكتاب ضرورة ملحّة لزملائنا العاملين في سلك التربية والتعليم، خاصة الذين يدرسون مساقات العلوم العامة في جميع المراحل.

ولقد حرصنا عند تأليف هذا الكتاب أن نهتدي بالأهداف الخاصة لتدريس مساق العلوم الطبيعية في الجامعات الأردنية وكليات المجتمع، ومن هذه الأهداف :

- اكتساب المعلومات الأساسية اللازمة لفهم وتفسير الظواهر الطبيعية وإدراك ما في الوجود من تناسق وإبداع.
- تفسير الظواهر الطبيعية المتعلقة بتركيب المادة وخصائصها، والتعرف على الأسس التي تتحكم في سلوك المادة والتغيرات التي تطرأ عليها.
- توضيح الجهود الكبيرة التي بذلها العلماء في سبيل التوصل إلى المنجزات العلمية الراهنة.
- تنمية الاتجاهات العلمية والمهارات العقلية والحسية المختلفة.
- تذوق البحث العلمي وتقدير العلماء وأعمالهم وجهودهم المتميزة في خدمة البشرية.
- التعرف على أشكال الطاقة وتحولاتها والتطبيقات العملية المختلفة المتعلقة بها.

- إدراك أهمية العلوم في المجتمعات المعاصرة وضرورة تطوير مصادرها لتلبية حاجات البشرية.
- إدراك العلاقة المتبادلة بين العلم والتكنولوجيا والمجتمع

وقد خاطبنا في هذا الكتاب طالب المرحلة الجامعية الأولى في الجامعات، وطلبة كليات المجتمع، على اعتبار أن مادة العلوم الطبيعية أصبحت مهمة جداً لإنارة الطريق أمامه، وللأخذ بيده حتى يتعرف إلى عناصر الطبيعة المختلفة والمفاهيم المتعلقة بها، ويعد هذا الكتاب هادياً ومرشداً له في تدريس المفاهيم العلمية المتعلقة بجميع مراحل دراسته وبعد انتقاله إلى مهنة التدريس

وقد اشتمل هذا الكتاب على جميع المفاهيم العلمية المتعلقة بالطبيعة سواء أكانت مفاهيم كيميائية أو فيزيائية أو علوم الأرض والبيئة أو فلك، وقد وزعت محتويات الكتاب في أربع وحدات، على الوجه الآتي :

الوحدة الأولى : خصصت للحديث عن المفاهيم الكيميائية واشتملت على فصلين :

الفصل الأول : خصص للحديث عن البنية الذرية والروابط الكيميائية الموجودة بين الذرات والجزيئات وتركيب المادة والعناصر والمركبات والمخاليط والوزن الذري والنظائر والمول والوزن الجزيئي والصيغ الكيميائية المختلفة، وأخيراً الروابط الكيميائية والقوى بين الذرات والجزيئات.

الفصل الثاني : خصص للحديث عن طبيعة المادة وحالاتها وتحولاتها والخلل في الحالة الصلبة وأنواع المواد الصلبة ثم الحالة السائلة، وأخيراً الخواص الأخرى للمادة.

الفصل الثالث : خصص للحديث عن الكيمياء العضوية.

الوحدة الثانية : خصصت للحديث عن المفاهيم الفيزيائية، وقد اشتملت على سبعة فصول موزعة كالآتي :

الفصل الرابع : خصص للحديث عن الحركة، أشكالها المختلفة والسقوط الحر للأجسام، والحركة في أكثر من بُعد، ثم حركة المقذوفات، والحركة الدائرية المنتظمة، وأخيراً قوانين نيوتن في الحركة.

الفصل الخامس : خصص للحديث عن الطاقة، والشغل، ونظرية الشغل والطاقة، وأخيراً أشكال الطاقة وتحولاتها.

الفصل السادس : خصص للحديث عن الكهرباء الساكنة والمتحركة، الشحنة والمادة، والتوصيل الكهربائي، والمجال الكهربائي، والجهد الكهربائي، والمكثفات والتيار الكهربائي، وقانون أوم، والقدرة الكهربائية، وأخيراً القوة الدافعة الكهربائية والدارات الكهربائية.

الفصل السابع : خصص للحديث عن المغناطيسية، والخواص المغناطيسية للمواد، والكهرومغناطيسية، والمجال المغناطيسي، وقانون أوم، وقانون فارادي، والمولد الكهربائي، والمحرك الكهربائي.

الفصل الثامن : خصص للحديث عن الصوت، انتقاله، وسرعته، وتردد الأمواج الصوتية وانعكاسها، وشدة الصوت، وأخيراً بعض الآلات الصوتية الموسيقية.

الفصل التاسع : خصص للحديث عن الضوء، وانعكاسه، وإنكساره، وتكون الصور في المرايا المستوية الكروية، والعدسات، وأخيراً الآلات البصرية.

الفصل العاشر : خصص للحديث عن الحرارة، تعريفها، ومصادرها، ودرجة الحرارة وقياسها، ومقاييس درجة الحرارة، وأنواع موازين الحرارة، والتمدد الحراري، وطرق انتقال الحرارة، وأخيراً قوانين التبريد.

الوحدة الثالثة : خصصت للحديث عن المفاهيم المتعلقة بالجيولوجيا وعلوم الأرض والبيئة، وقد اشتملت على ستة فصول موزعة كالآتي :

الفصل الحدي عشر : خصص للحديث عن الأرض وتركيبها الغلافي، والغلاف الجوي، ومحتوياته الغازية وغير الغازية، وتركيبه، والغلاف المائي ومحتوياته وتركيبه.

الفصل الثاني عشر : خصص للحديث عن المواد المكونة للقشرة الأرضية، والتركيب الكيميائي للقشرة الأرضية، والصفات الفيزيائية للمعادن، وتصنيف المعادن.

الفصل الثالث عشر : خصص للحديث عن ديناميكية الأرض، ونظرية الصفائح التكتونية، والبراكين والنشاط الماجماتي، والزلازل والنشاط الزلزالي، وتسجيل الزلازل، وأخيراً الدورة المائية.

الفصل الرابع عشر : خصص للحديث عن الصخور النارية وتركيبها، وتصنيفها، وعائلة الجرانيت، وعائلة الدايورايت، وعائلة الجابرو، وعائلة البيريدوتايت، وأخيراً الصخور البركانية الحطامية والزجاج البركاني. والصخور الرسوبية والمتحولة، وعوامل التحول كالحرارة والضغط، وأنواع التحول، وتصنيف الصخور المتحولة، والرواسب والصخور الرسوبية، وتكونها، والتركيب المعدني للصخور الرسوبية، وتصنيفها.

الفصل الخامس عشر : خصص للحديث عن المناخ، والتجوية والتربة، وعناصر المناخ المختلفة، كالحرارة، والضغط الجوي والرياح، والغيوم والأمطار، وتصنيف المناخ، والأنواع المناخية المختلفة، ثم التجوية، وعوامل التجوية المختلفة، والتجوية الكيميائية، ثم التربة، وعوامل تكونها وتصنيفها.

الفصل السادس عشر: خصص للحديث عن الجيولوجيا البيئية وتأثيرات الانسان في الغلاف الصخري، والغلاف المائي والأنهار والأودية، وتلوث الغلاف الجوي وآلية التخلص من النفايات.

الفصل السابع عشر: يتحدث عن الزمن الجيولوجي، والتتابع الطبقي، والسلم الجيولوجي، وتحديد العمر بالانتظار الذري.

الوحدة الرابعة : خصصت للحديث عن المفاهيم المتعلقة بالفلك، واشتملت على ثلاثة فصول، هي :

الفصل الثامن عشر : خصص للحديث عن السماء الليلية، ودور العرب والمسلمين في علم الفلك، وشكل الكون كما تراه أعيننا، والكرة السماوية الفلكية، وحركة الأجرام السماوية عليها، والحركة الظاهرة للأجرام السماوية، والاحداثيات السماوية، وحركة الشمس الظاهرية على الكرة السماوية، وظاهرة الفصول الأربعة، ومنطقة البروج، ونظام التوقيت، وأطوار القمر ودورانه، ومنازل القمر، وأخيراً ظاهرتي الكسوف والخسوف.

الفصل التاسع عشر : خصص للحديث عن المجموعة الشمسية بدءاً بكوكب عطارد وانتهاءً بكوكب بلوتو، والكويكبات والمذنبات، وتركيبها الكيميائي ومداراتها، وأخيراً الشمس، وتركيبها البنائي، والظواهر الشمسية المختلفة.

الفصل العشرون : خصص للحديث عن استخدام التلسكوبات في الدراسات الفلكية والوظائف الرئيسية للتلسكوبات، وأنواعها، والعيوب اللونية، وأخيراً التلسكوبات الراديوية.

وقد تضمن كل فصل عدداً من الأسئلة التي تقيس مدى فهم الطلبة لكل فصل من هذه الفصول، كما تضمن الكتاب مجموعة من المراجع العربية والأجنبية ليعود لها القارىء عند الحاجة للاستزادة في أي موضوع من موضوعات هذا الكتاب.

كما نرجو من القارىء الكريم ألا يبخل علينا بآرائه وانتقاداته البناءة لهذا الكتاب، لكي نتجاوزها إن شاء الله في الطبعات القادمة.

أشكر الزملاء الذين شجعونا لإنجاز هذا الكتاب وإخراجه بهذا الشكل الذي ندعو الله أن ينال رضا القارىء الكريم.

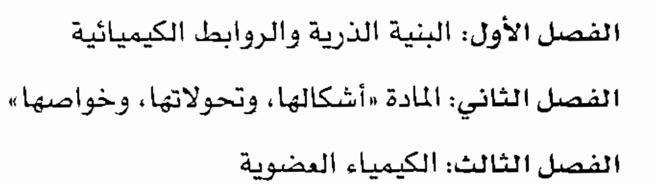
كما نتقدم بالشكر الجزيل إلى دار المسيرة للنشر والتوزيع الذين قدموا كل الدعم والمساعدة في اخراج هذا الكتاب.

والله تعالى نسأل أن يوفقنا إلى الطريق السديد. وأن يجعل عملنا هذا خالصاً لوجهه الكريم.

المؤلفون

الوحـدة الأولى

المفاهيم الكيميائية



الفصل الأول
البنية الذرية والروابط الكيمائية

بنية الذرة وتركيبها

سجل الإغريق أول محاولة للتعرف على الذرة، حيث استخدمها ديمقريطس، - 460) (370 قبل الميلاد، حيث عرف ديمقريطس كلمة ذرة بأنها الجزء من المادة الذي لا يمكن تجزئته. وقد بقيت الأفكار المتعلقة بالذرة ضمن المناقشات الفلسفية لمدة زادت عن (2200) سنة دون أن تعطي إجابة واضحة عن ماهية الذرة. فغاليلو (1564 - 1642) قال بأن ظهور عناصر جديدة جراء التغير الكيميائي يعود بسبب إعادة ترتيب العناصر إلى أجزاء صغيرة جداً تصعب رؤيتها. وفرانسيس بيكون (1561 - 1626م) قال بأن الحرارة هي عبارة عن شكل من أشكال الحركة بواسطة جسيمات صغيرة جداً.

أما روبرت بويل (1627 - 1691م) وإسحق نيوتن (1642 - 1727م)، فقد استخدما مفهوم الذرات في تفسير الكثير من الظواهر الفيزيائية.

في عام 1766 - 1844 جاء المعلم في إحدى المدارس الإنجليزية جون دالتون الذي قام بمراجعة مفهوم الذرة، وفي الفترة التي ظهر بها دالتون، أخذ العمل المخبري المزيد من الإحترام والتقدير والتقدم في المجتمع، وقد استطاع دالتون تفسير بعض الظواهر العامة عن الذرة، وقد تأثر دالتون بالتجارب التي أجراها كل من لافوازيه 1743 - 1794م وجوزيف بروست (1745 - 1826م).

ولا داعي لذكر المزيد عن بنية الذرة في هذه الوحدة، حيث يعد هذا الأمر خارجاً عن أهداف هذا الكتاب، وسنتعرض لتجربة رذرفورد في بناء الذرة.

تجربة رذرفورد في بناء الذرة

قبل الحديث عن نموذج رذرفورد في بناء الذرة سنتحدث عن ماهية جسيمات ألفا، وبيتا، وجاما فجسيمات ألفا تحمل شحنة ثنائية موجبة وهي أثقل من ذرة الهيدروجين بأربع مرات تسير هذه الجسيمات بسرعة كبيرة ولها طاقة حركية عالية. أما جسيمات بيتا فإنها تحمل شحنة أحادية سالبة، أو هي عبارة عن الكترونات تسير بطاقة كبيرة جداً، طاقتها الحركية أقل من جسيمات ألفا نظراً لصغر كتلتها. أما أشعة جاما، فهي لا تحمل أي شحنة، وهي عبارة عن أمواج ذات طول موجي قصير جداً اقل من الأشعة السينية لها قدرة كبيرة على الاختراق.

قد اختار رذرفورد جسيمات ألفا لأن سرعتها متوسطة بين أشعة جاما وجسيمات بيتا، وطاقتها الحركية كبيرة، وكتلتها أكبر من كتلة جسيمات بيتا.

استخدم رذرفورد ظاهرة النشاط الإشعاعي لدراسة تركيب الذرة. حيث قام بتجربته المشهورة عام 1911 مستخدماً جسيمات ألفا لقذف صفيحة رقيقة جداً (0.0004 سم) من أحد المعادن كالفضة أو الذهب.

كما أجرى رذرفورد ومساعدوه عدداً من التجارب الهامة والمتعلقة بالنشاط الإشعاعي، وكانت إحدى التجارب ذات نتائج حاسمة، فيما يتعلق بالتركيب الداخلي لذرات المواد. حيث قام رذرفورد بتعريض صفائح رقيقة جداً من بعض العناصر، لسيل من دقائق ألفا الموجبة α ، فلاحظ أن الدقائق تشتت كما يلي :

1- معظم الدقائق تخترق الصفيحة، دون أن تعاني أي تغيير في خط سيرها.

2- إن بعض الدقائق تخترق الصفيحة، مع إنحراف في مسارها.

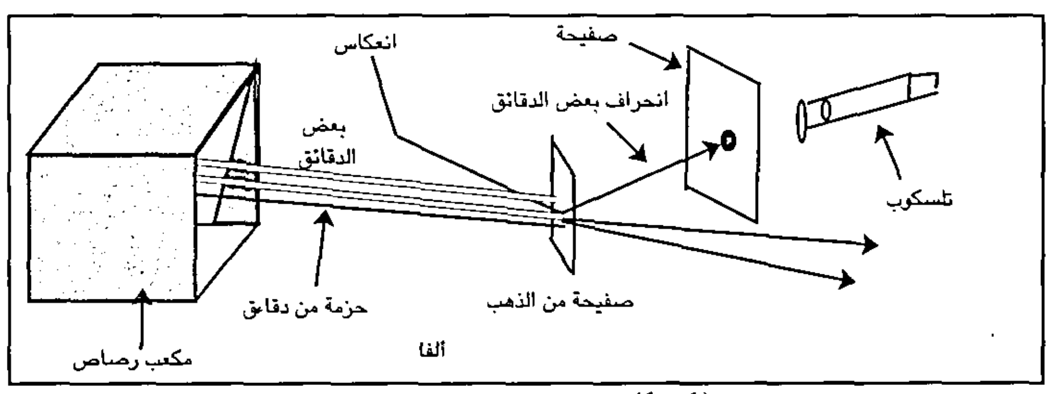
3- عدد قليل من الدقائق ينعكس عن الصفيحة.

وقد حاول رذرفورد تفسير هذه المشاهدات كما يلي :

1- إن مرور معظم دقائق ألفا من خلال الصفيحة، دون أن تغير في مسارها، يشير إلى أنها لم تجد في طريقها أي حاجز، وهذا يدل على أن ذرات مادة الصفيحة تتضمن فراغات كبيرة.

2- إن انحراف مسار بعض الدقائق وإنعكاس بعضها، يشير إلى أن الذرة تحتوي على منطقة صغيرة جداً، تتركز فيها مادة الذرة بشكل كثيف، وأن هذه المراكز الصغيرة للغاية مشحونة بشحنة موجبة، هي التي سببت تنافر دقائق ألفا الموجبة معها، فانحرفت عن مسارها أو انعكست، وقد أطلق على كل مركز من هذه المراكز إسم نواة الذرة.

3- إن الإلكترونات السالبة الموجودة في الذرة، والتي سبق وأن اكتشفت، تدور حول نواة الذرة في مدارات دائرية تشبه مدارات الكواكب حول الشمس، وهي تشغل بقية حجم الذرة.



شكل (1 - 1) يمثل تجربة رذرفورد في بناء الذرة

وعلى اعتبار أن الذرة متعادلة كهربائية، فإن عدد الالكترونات السالبة في المدارات يساوي عدد الشحنات الموجبة في النواة.

تركيب (بناء) المادة

تتكون جميع المواد من وحدات بنائية صغيرة جداً تسمى الذرات Atoms. وتوجد الذرات في الطبيعة بشكل منفصل، أو متصلة مع بعضها البعض أو مع ذرات أخرى مكونة الجزيئات Molecules. ففي الغازات النبيلة مثل الأرغون والهيليوم توجد الذرات بشكل منفصل، أما في حالة الأكسجين مثلاً، فترتبط ذرتان من الأوكسجين في جزيء الأوكسجين O_2، وفي حالة ثاني أوكسيد الكربون ترتبط ذرة كربون مع ذرة أوكسجين مكونة جزيء ثاني أوكسيد الكربون Co_2. ويبلغ قطر الذرة من 1×10^{-8} سم إلى 4×10^{-8} سم في معظم الحالات. فإذا افترضنا أن قطر الذرة يساوي 2×10^{-8} سم، فما هذا يعني أن هناك 5×10^{7} ذرة في كل سم أو 5×10^{6} ذرة في كل ملليمتر. ومع أن الإنسان لم يستطع رؤية الذرة، فقد بنى العلماء نماذجهم للذرة اعتماداً على الكميات الهائلة من المعرفة التي جمعت خلال عدة قرون. ومن هذه النماذج نظرية دالتون الذرية التي افترضت وجود الذرات، وهي أصغر وحدات بنائية للمادة غير قابلة للإنقسام. وافترضت هذه النظرية كذلك أن ذرات العنصر الواحد متشابه في الخواص الفيزيائية والكيميائية ومختلفة عن ذرات العناصر الأخرى، وأن التفاعلات الكيميائية هي انفصال أو اتصال للذرات. ومع أنه قد ثبت خطأ بعض افتراضات نظرية دالتون، نتيجة لاكتشافات الدقائق دون الذرية، ولاكتشاف وجود النظائر Isotopes للعنصر الواحد، إلا أن هذه النظرية كانت أحد الأسس التي استند إليها علم الكيمياء الحديث.

وتعد الذرة أصغر جزء في العنصر الذي يحمل خصائصه. وهي تتشكل من الكترونات وبروتونات ونيوترونات، وتحدد هذه المكونات وتوزيعها خصائص كل عنصر، وترتبط النيترونات بالبروتونات بقوة تسمى طاقة الربط (Binding Energy). توجد البروتونات والنيترونات، التي تعزى إليها معظم كتلة الذرة، في نواة صغيرة الحجم محاطة بالإلكترونات مساوية في عددها عدد البروتونات في النواة، وبالتالي تكون الذرة متعادلة الشحنة. وتشغل الالكترونات ذات الوزن القليل جداً حيزاً كبيراً جداً يساوي ما يقرب من بليون حجم للنواة.

ويبعث تركيب الذرة على الدهشة، إذ تتشكل من نواة وزنها عال جداً، وحجمها صغير جداً. وهي محاطة بالالكترونات وزنها خفيف، ولكنها تشغل حجماً كبيراً جداً. والجدول رقم (I - 1) يبين مقارنة بين الجسيمات الذرية.

جدول (1 - 1) مقارنة بين الجسيمات الذرية

	الإلكترون	البروتون	النيترون
الكتلة	$\frac{1}{1840}$	1(1.67 x 10 - 24 غم)	1(1.67 x 10 - 24 غم)
الشحنة	-1	+1	صفر

وكما هو مبين في الجدول (1 - 1) فإ كتلة الالكترون تساوي $\frac{1}{1840}$ من كتلة نواة (الهيدروجين). والمسافات بين الذرات في البلورات أو الجزيئات تبين أن نصف القطر لذرة نموذجية هو 1 - 2.5 A° (تختصر وحدة الأنجستروم بـ A° وهي 10^{-8} سنتمتر). ولهذا فإذا كان حجم الذرة بحجم الكرة الأرضية فإن قطر نواة تلك الذرة سيكون مساوياً حوالي 7.5 متر. كما يوجد هناك مكونات أخرى موجودة في الذرة كما هو مبين في الجدول (2 - 1).

الاسم	الكتلة	الشحنة	نوع الشحنة	الرمز	الإستقرار
الالكترون	9.11×10^{-28} غم	1.6×10^{-19} كولوم	سالبة	e^- أو B^-	مستقر
البروتون	1.6726×10^{-24} غم	1.6×10^{-19} كولوم	موجبة	^{1}H أو P	مستقر
النيوترون	1.6749×10^{-24} غم	صفر	متعادلة	$^{1}_{0}n$	مستقر
البوزتيرن	9.11×10^{-28} غم	1.6×10^{-19} كولوم	موجبة	e^+ أو B^+	مستقر
الفوتون	صفر	صفر	متعادل	γ	مستقر
النيوترينو	صفر تقريباً	صفر	متعادل	γ	مستقر
الميزون	بروتون > ميزون >الكترون	–	موجب أو سالب أو متعادل	عدة رموز حسب نوعه	غير مستقر
الهيبرون	أثقل من البروتون.	–	موجب أو سالب أو متعادل	عدة رموز حسب نوعه	غير مستقر

جدول (2 - 1) بعض مكونات الذرة وصفاتها

وتتشكل المركبات الكيميائية من إتحاد الذرات الذي يتم بانتقال الإلكترونات من ذرة إلى أخرى لتشكيل الأيونات أو بالمساهمة في إلتقاء أزواج من الإلكترونات بين الذرات لتشكيل الجزيئات.

وبما أن الإلكترونات تشغل معظم حجم الذرة فإنها تلعب دوراً أساسياً في تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر والمركبات، ومن هنا جاء ما يسمى بالتركيب الإلكتروني الذي يبحث في التوزيع في أعلى مستويات الطاقة في الذرة أو الجزيء.

ويساوي عدد الإلكترونات في الذرة العدد الذري أو عدد البروتونات، كما أن عدد النيترونات والبروتونات تساوي الوزن الذري أو كتلة الذرة.

العناصر والمركبات والمخاليط: Elements, Compounds and Mixtures

تشير هذه الأوصاف الثلاثة إلى جميع الحالات التي توجد عليها المادة، سواء كان ذلك في المختبر، أم في المنزل أم في أي مكان آخر.

العناصر

هي أبسط حالات المادة التي توجد تحت ظروف المختبر، وهناك 109 عناصر معروفة بشكل مؤكد حتى الآن. وتشكل هذه العناصر وحدات البناء الأساسية لباقي حالات المادة. أما العناصر ذات الأهمية من الناحية الكيميائية والعملية، فعددها أقل بكثير من 109، والذرة هي الوحدة البنائية للعنصر، وتمتلك خواص ذلك العنصر.

وتعد العناصر أيضاً، الوحدات البنائية الأساسية لجميع المواد الحية، وغير الحية المعروفة في عالمنا. وتستطيع العناصر الدخول في عدد لا حصر له من الاتحادات الكيميائية لتكوين المركبات. وهي أصغر وحدة يمكنها أن تدخل في التفاعل الكيميائي، وقد يتعذر وجود العنصر في حالة ذرات تمثل صفات ذلك العنصر. ففي بعض الغازات تتألف الوحدات البنائية من تجمع ذرتين في جزيء الغاز وفي هذه الحالة يمثل الجزيء أصغر وحدة من العنصر يمكن أن توجد في حالة إنفراد وتمثل فيها صفات العنصر الغازي مثل الهيدروجين، والأوكسجين، والنيتروجين.

كما يمكن تعريف العنصر بأنه المادة النقية التي تحتوي على نوع واحد من الذرات (أي نفس النوع من الذرات) ويوجد الآن 109 عناصر أي 109 أنواع من الذرات، كل ذرة منها تختلف عن الأخرى، ومنها ما هو موجود في الطبيعة بصورة نقية منذ زمن طويل مثل الذهب، والفضة، والكبريت.

وللإختصار في الكتابة من قبل الكيميائين، تمثل العناصر برموز متكونة من حروف أو إتحاد من حروف مشتقة من إسم العنصر. والرمز بصورة عامة هو الحرف الأول من إسم العنصر مثل H للهيدروجين، و O للأوكسجين، وN للنيتروجين، و C للكربون. وعندما يكون لعنصرين أو أكثر نفس الحرف الأول، يضاف الحرف الثاني لأجل التعريف. فنجد في الجدول الدوري Ni للنيكل، و Nb للنيوبيوم، و Co للكوبلت. ويشتق أحياناً من إسم غريب مثل K وهو رمز البوتاسيوم، ويأتي من الاسم اللاتيني Kalium والذي يأتي بدوره من الكلورة العربية قلو وتعني الرماد. وهكذا فالرمز K يعكس حقيقة أن رماد النبات غني بصورة خاص بمحتويات البوتاسيوم. كذلك الرمز Na للعنصر صوديوم، تأتي من الاسم اللاتيني Natrium (من الإغريقية Nitron) وتعكس وجود الصوديوم في المعدن الطبيعي Nitre أو Saltpeter.

المركبات :

تتحد ذرات العناصر المختلفة مع بعضها البعض مكونة المركبات. ويتميز المركب أنه يحتوي على العناصر نفسها متحدة مع بعضها بنسبة ثابتة تحت أية ظروف، وهذا هو الأساس لما يسمى بقانون النسب الثابتة. والجزيء هو أبسط وحدة بنائية في المركب، وهو مكون من ذرتين أو أكثر من عناصر مختلفة، مرتبطة مع بعضها البعض بروابط كيميائية. الذرات كلها من نوع واحد في جزيئات العناصر ففي جزيء الماء ترتبط ذرتان من الهيدروجين مع ذرة الأوكسجين، أي بنسبة 8.0 غم أوكسجين إلى 1.0 غم هيدروجين. وبذلك اذا تفكك 27 غم من الماء فإنه سينتج 24 غم من الاوكسجين و 3 غرامات من الهيدروجين واذا خلط 3 غرامات من الهيدروجين مع 30 غرام من الاوكسجين فانه يتكون 27 غم من الماء ويبقى 6 غرامات من الاوكسجين دون تفاعل. وتتميز العناصر والمركبات بأن لها تركيباً متجانساً وثابتاً. وأنها تتألف من إتحاد عنصرين أو أكثر بنسبة محددة، كما أنها تتألف من جزيئات، تحدد صفات المركب، وتدخل في التفاعلات الكيميائية، وجزيء المركب في هذه الحالة يتألف من إتحاد ذرات العناصر المكونة له. وتفقد جميع العناصر الداخلة في التفاعل أو الإتحاد خواصها الأساسية ليكون للمركب خصائص جديدة، تختلف عن خصائص أي من العناصر الداخلة في تركيبه وليس من السهل إعادة المركب إلى عناصره المكونة له.

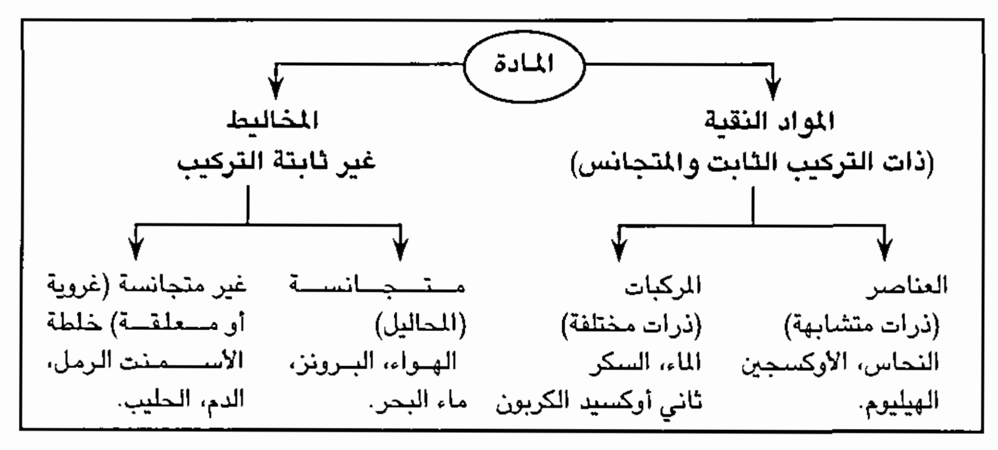
ويعبر عن المركبات بمجموع الرموز الدالة على نوع وعدد الذرات المكونة لجزيء المركب. وتسمى مجموعة الرموز هذه الصيغة الجزيئية (Molecular Formula) مثل H_2SO_4 والتي تمثل جزيء حامض الكبريتيك، و C_2H_5OH التي تمثل جزيء الميثانول... وهكذا، وهذه الصيغة الجزيئية لا توضح كيفية إرتباط ذرات الجزيء مع بعضها البعض. من هنا جاءت الصيغ البنائية Structural Formula لبيان كيفية توزيع الذرات في جزيء المركب وطبيعة الروابط بينها.

المخاليط

تتكون المخاليط من عناصر ومركبات مخلوطة مع بعضها البعض بنسب مختلفة. والمخاليط إما أن تكون مخاليط متجانسة Homogeneous أو مخاليط غير متجانسة Heterogeneous. وفي المخاليط المتجانسة تكون نسب مكونات المخلوط ثابتة في جميع أنحاء المخلوط نفسه، ولكن قد تختلف نسبة المكونات من مخلوط لآخر. ومن الأمثلة على المخاليط المتجانسة المحاليل المختلفة مثل محلول ملح الطعام أو حامض الأستيك في الماء،

ومخاليط الغازات. أما المخاليط غير المتجانسة فتكون مكونات المخلوط فيها بنسب مختلفة من موضع لآخر في العينة نفسها من المخلوط مثل مخلوط الرمل والملح مثلا.

وتعد المخاليط الغروية Colloidal Mixtures حالة خاصة للمخاليط غير المتجانسة، حيث تكون دقائق المادة المكونة للعالق صغيرة جداً. ويمكن أن يكون للمخلوط تركيب شبه متجانس كما هو الحال في الحليب والكريمات. ويبين الشكل (2 - 1) الحالات التي توجد عليها المادة



شكل (2 - 1) الحالات التي توجد عليها المادة

وتعرف المخاليط، أيضاً، بأنها المادة المكونة من مادتين أو أكثر بأية نسبة كانت، بحيث تحتفظ كل مادة من مكونات المخلوط بصفاتها وخواصها الأصلية، ويختلف المخلوط عن المركب والعنصر في أنها قد تكون ذات تركيب متغير، فمحلول كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) في الماء هو خليط من مادتين، ويمكن الحصول على محاليل ذات تركيبات مختلفة من الملح والماء، وتعد عملية فصل المخلوطات إلى مكوناتها من المشكلات الصعبة التي تواجه الكيميائيين، وتتم عملية الفصل بطرق فيزيائية، وهي طرق لا تغير الخواص الكيميائية للمكونات، ويمكن استخدام طريقة التبخير لفصل الملح عن الماء، كما يمكن استخدام التقطير في تحلية مياه البحر، كمثال على فصل المخلوطات، واستخدام طريقة الترشيح والترسيب ... الخ. ويمكن فصل المخلوطات باستخدام ما يسمى بالكروماتوجرافيا (Chromotography)، ويمكن تقسيم المخلوطات إلى قسمين : متجانسة (Homogenous) وغير متجانسة (Heterogenous) ، ويسمى الخليط المتجانس بالمحلول (Solution)، ويتميز بأن له خواصاً متماثلة خلال جميع أجزائه مثل محلول السكر في الماء، ومحلول ملح الطعام... الخ.

أما المحلول غير المتجانس : فهو غير متماثل مثل الزيت والماء، فإذا أخذنا عينة من الخليط فسيكون لها صفات الماء، بينما لو أخذنا جزء آخر فسيكون لها صفات الزيت. وتستعمل الطرق الكيميائية لتحليل المركبات إلى العناصر المكونة لها، وقد تكون هذه الطرق بسيطة أحياناً، ومعقدة أحياناً أخرى. أما فصل المخاليط إلى مكوناتها فيمكن إنجازه باستخدام الطرق الفيزيائية للفصل، مثل التبخير، والتبلور التجزيئي وغير ذلك.

الوزن الذري Atomic Weight

بعد أن أثبتت نظرية دالتون الذرية مقدرتها على تفسير قوانين الكيمياء، مثل قانون النسب الثابتة وغيره. أجمع العاملون في مجال الكيمياء على تقبل هذه النظرية. وبما أن وجود الذرات هو حجر الأساس لهذه النظرية، فقد بدأ العلماء محاولاتهم للحصول على كتلة الذرة. ونظراً لصغر الذرة البالغ، لم تفلح محاولاتهم لإيجاد كتلتها، فبدأوا في محاولة إيجاد الكتل النسبية للذرات، أي كتلة ذرة من عنصر ما بالنسبة لكتلة ذرة من عنصر آخر. وقد وقع الإختيار الأول على ذرة الهيدروجين لتكون الأساس لهذا النظام النسبي، ثم استبدل بكتلة ذرة الأوكسجين، وأخيراً اعتمدت كتلة ذرة نظير الكربون -12 ,C^{12} أساساً لحساب الأوزان الذرية، ويمكن تعريف الوزن الذري كما يلي:

الوزن الذري لعنصر ما = $\frac{\text{كتلة ذرة من العنصر}}{\text{كتلة ذرة من الهيدروجين}}$

= كتلة عدد من ذرات العنصر

وبما أن الذرة صغيرة جداً، فإن كتلتها صغيرة للغاية. فكتلة ذرة C^{12} على سبيل المثال تساوي 1.992×10^{-23} غم، و $\left(\frac{1}{12}\right)$ من كتلة ذرة C^{12} يساوي 1.660×10^{-24}غم، ويطلق على هذا المقدار اسم وحدة الكتلة الذرية Atomic Mass Unit ويرمز لها بالرمز (و ك ذ).

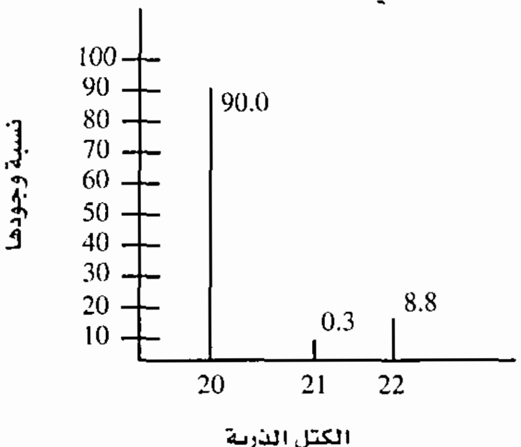
النظائر Isotopes

تبين أن عدداً كبيراً من العناصر عند تحليلها باستخدام مطياف الكتلة (Mass Spec-trometer) أنها تتكون من ذرات ذات كتل مختلفة. وهذه الذرات التي لها كتل مختلفة تسمى نظائر ذلك العنصر.

ومن الأمثلة الجيدة على النظائر، عنصر النيون (غاز)، حيث أن العينة الطبيعية تحتوي على مزيج من ثلاثة أنواع من النظائر هي :

$$^{20}_{10}Ne\ ,\ ^{21}_{10}Ne,\ ^{22}_{10}Ne$$

ونسبة وجودها في الطبيعة كالتالي :



شكل (3-1) النسب المئوية لنظائر عنصر النيون (كما ظهرت باستخدام مطياف الكتلة)

والاختلاف في نظائر العنصر يعود للإختلاف في عدد النيترونات. فجميع ذرات النيون تحتوي على عشرة بروتونات وعشرة إليكترونات 90% من النيون تحتوي على عشرة نيترونات، وعدد بسيط يحتوي على أحد عشر نيترون، والباقي يحتوي على 12 نيترون. ويوجد في الطبيعة (109) عناصر مكتشفة حتى الآن. ويوجد حوالي (1000) نظير تم اكتشافها حتى الآن، بعض العناصر لها عدد كبير من النظائر، فعنصر القصدير له عشرة نظائر، وللهيدروجين ثلاثة نظائر $^{1}_{1}H$ بروتون، و $^{2}_{1}H$ ديتريوم، و $^{3}_{1}H$ تريتيوم (مشع).

المول Mole

كما نعلم فإن الذرات تتحد مع بعضها البعض بأعداد صحيحة لتكون الجزيئات. فعلى سبيل المثال تتحد ذرتان من عنصر الهيدروجين مع ذرة واحدة من عنصر الأوكسجين ليتكون جزيء الماء، وكذلك تتحد ذرة واحدة من عنصر الكربون مع ذرتين من عنصر الأوكسجين لتكون جزيء ثاني أوكسيد الكربون كما في المعادلة التالية :

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

وبما أننا لا نستطيع رؤية الذرة أو قياس كتلتها لصغرها، فلا مناص من التعامل مع

عدد كبير من الذرات. وقياساً على ما سبق، تتفاعل 100 ذرة من الكربون مع 200 ذرة من الأوكسجين لإنتاج 100 جزيء من ثاني أوكسيد الكربون، أو تتفاعل 1000 ذرة كربون مع 2000 ذرة أوكسجين، وهكذا. فالنسبة بين ذرات الكربون وعدد ذرات الأوكسجين تبقى 2:1. ولصغر كتلة الذرة كان لا بد من التعامل مع أعداد أكبر كثيراً من 1000 ذرة. والعدد الذي يتعامل به الكيميائيون هو المول، وهو يساوي 6.023×10^{23}. فمول واحد من ذرات الكربون يحتوي على 6.023×10^{23} ذرة كربون، ومول واحد من جزيئات ثاني أوكسيد الكربون. يحتوي على 6.023×10^{23} من جزيئات ثاني أوكسيد الكربون. ويسمى هذا العدد 6.023×10^{23} بعدد أفوجادرو. فيعرف المول من أي شيء بأنه عدد أفوجادرو من ذلك الشيء، فالمول من ذرات الأوكسجين، O، يحتوي على 6.023×10^{23} ذرة أوكسجين، ويحتوي المول من جزيئات الأوكسجين O_2، على 6.023×10^{23}، جزيئاً من الأوكسجين.

ويمكن أن نقول الشيء نفسه عن النسبة بين عدد الذرات المكونة للمركبات المختلفة. ففي مركب الإيثان C_2H_6، تتحد ذرتا كربون مع ست ذرات هيدروجين، فالنسبة بين عدد ذرات الهيدروجين وعدد ذرات الكربون هي 1:3 أيضاً. وحيث أنه من الممكن أن تقاس المولات وأن يجري التعامل معها بسهولة، فإنه من الممكن أن تترجم نتائج ذلك إلى مستوى الذرات والجزيئات.

الوزن الجزيئي والوزن الصيغي: Molecular Weight and Formula Weight

عندما تتفاعل العناصر لتكون المركبات، فإن المركبات الناتجة، إما أن تكون مركبات جزيئية أو مركبات أيونية. وفي المركبات الجزيئية تكون الجزيئات منفصلة عن بعضها البعض، وترتبط الذرات مع بعضها البعض بروابط تساهمية. وفي هذه الحالة يمكننا التحدث عن الوزن الجزيئي لوجود الجزيئات المنفصلة. أما المركبات الأيونية فهي تتكون من أيونات موجبة وأيونات سالبة، مرتبة بحيث تحيط الأيونات الموجبة بالأيون السالب والأيونات السالبة بالأيون الموجب. وحيث أنه لا توجد جزيئات منفصلة في المركبات الأيونية فلا يمكننا التحدث عن الوزن الجزيئي، وإنما نتحدث عن الوزن الصيغي والصيغة الأولية للمركب.

ولذلك يستخدم البعض ما يسمى بالكتلة المولارية (molar mass)، حيث انها تنطبق على كل من المركبات الايونية والمواد الجزيئية، وفي كلتا الحالتين فإن الكتلة المولارية تعني كتلة 1 موال من المادة المعنية. ولا يهم ان تكون المادة مكونة من جزيئات او ايونات.

الوزن الجزيئي

هو مجموع الأوزان الذرية للذرات المكونة للجزيء. فالوزن الجزيئي للأوكسجين هو مضاعف للوزن الذري، أي 2 x 16.0 = 32.0. أما الوزن الجزيئي لثاني أوكسيد الكربون فإنه يساوي مجموع الأوزان الذرية لذرة كربون وذرتي أوكسجين =

.44.0 = (16.0 x 2 x 16) 2 + 12.0

مثال: يضاف فلوريد القصدير SnF2 الى معجون الأسنان لحمايتها من التسوس والتآكل.

أ. ما هي كتلة 0.4 مول من SnF_2؟

ب. ما عدد مولات SnF_2 في 235.5 غم؟

نحتاج للاجابة على هذا السؤال معرفة الوزن الصيغي لمادة SnF_2 ونحسبها من الاوزان الذرية لعناصرها:

1 Sn	1 x 119 = 119
2 F	2 x 19 = 38
المجموع	157

اي ان الوزن الصيغي هو 157 غم / 1 مول لذلك

1 مول SnF_2 = 157 غم SnF_2

أ. لتحويل 0.4 مول الى غرامات

الوزن = 0.4 مول × $\frac{106 \text{ غم}}{1 \text{ مول}}$ = 94.2 غم

نلاحظ بانها يمكن استخدام الوحدات للوصول الى الاجابة

ب. بالاعتماد على الوحدات

عدد المولات = 235.5 غم × $\frac{1 \text{ مول}}{157 \text{ غم}}$ = 1.5 مول

الصيغ الكيميائية Chemical Formula

تعطي الصيغ الكيميائية المختلفة المعلومات المطلوبة عن المركب بشكل مختصر. فهي

تدلنا على العناصر المكونة للمركب، وعلى عدد ذراتها في وحدة منه، وعلى طريقة ربط هذه العناصر مع بعضها البعض، كما تدلنا أيضاً على شكل المركب.

وسنشرح هنا ثلاثة أنواع من الصيغ هي : الصيغة الأولية Empirical Formula والصيغة الجزيئية Molecular Formula والصيغة البنائية Structural Formula.

الصيغة الأولية

تمثل هذه الصيغة أبسط نسبة عددية صحيحة للذرات المكونة للجزيء. فالصيغة الأولية لحامض الأستيك الذي يتكون من عناصر الكربون والهيدروجين والأوكسجين CH_2O. ويمكن الحصول على الصيغة الأولية من معرفة النسبة المئوية الوزنية لكل عنصر في المركب، أو كتلة كل عنصر في كتلة معينة من المركب ومن ذلك نجد عدد مولات كل عنصر. وأبسط نسبة عددية صحيحة بين تلك المولات هي الصيغة الأولية، وسنوضح ذلك في المثال التالي :

مثال: حللت عينة كتلتها 1.52 غم من الكافيين (المادة المنشطة الموجودة في القهوة والشاي)، ووجد أنها تتكون من 0.75 غم كربون 0.078 غم هيدروجين و 0.44 غم نيتروجين. فإذا علمت أن المركب يتكون من عناصر : O, N, H, C جد الصيغة الأولية للمركب.

الحل :

نجد كتلة الأوكسجين في العينة :

$$1.52 - (0.75 + 0.078 + 0.44) = 0.25 \text{ غم}$$

$$\text{عدد مولات الكربون} = (0.75 \text{ غم } C)\left(\frac{\text{مول } C}{12.01 \text{ غم } C}\right) = 0.062 \text{ مول } C$$

$$\text{عدد مولات الهيدروجين} = (0.078 \text{ غم } H)\left(\frac{\text{مول } H}{1.008 \text{ غم } H}\right) = 0.077 \text{ مول } H$$

$$\text{عدد مولات النيتروجين} = (0.44 \text{ غم } N)\left(\frac{\text{مول } N}{14.00 \text{ غم } N}\right) = 0.031 \text{ مول } N$$

$$\text{عدد مولات الأوكسجين} = (0.25 \text{ غم } O)\left(\frac{\text{مول } O}{16.0 \text{ غم } O}\right) = 0.016 \text{ مول } O$$

ولإيجاد الصيغة الأولية نقسم عدد المولات على أصغرها، وهو في هذه الحالة عدد مولات الأوكسجين :

$$\frac{\text{عدد مولات N}}{\text{عدد مولات O}} = \frac{0.031}{0.016} = \frac{1.9}{1} = \frac{2}{1}$$

$$\frac{\text{عدد مولات C}}{\text{عدد مولات O}} = \frac{0.063}{0.016} = \frac{3.9}{1} \equiv \frac{4}{1}$$

$$\frac{\text{عدد مولات H}}{\text{عدد مولات O}} = \frac{0.077}{0.016} = \frac{4.8}{1} = \frac{5}{1}$$

وأبسط نسبة لهذه الأعداد من المولات هي :

$$1 : 2 : 5 : 4 = O : N : H : C$$

أي أن الصيغة الأولية هي : $C_4 H_5 N_2O$

مثال: حُرقت كمية من سكر اللاكتوز وزنها 1.1248 غم فتحول ما فيها من كربون الى CO_2 ومن هيدروجين الى H_2O. وبعد الحرق كان وزن CO_2 الناتج يساوي 1.7264 غم ووزن الماء الناتج 0.6534 غم. فما النسبة المئوية للكربون، الاوكسجين والهيدروجين في المركب؟

الحل:

$$\text{وزن C} = \text{وزن } CO_2 \times \frac{\text{وزن C المولاري}}{\text{وزن } CO_2 \text{ المولاري}}$$

$$= 1.7264 \text{ غم} = \frac{12 \text{ غم}}{44 \text{ غم}} = 0.471 \text{ غم}$$

$$\text{وزن H} = \text{وزن الماء} \times \frac{2 \times \text{وزن H المولاري}}{\text{وزن } H_2O \text{ المولاري}}$$

$$= 0.6534 \times \frac{1 \times 2}{18} = 0.037 \text{ غم}$$

وعليه تكون:

$$\text{نسبة الكربون} = \frac{0.474}{1.1248} \times 100 = 41.86\%$$

نسبة الهيدروجين = $100 \times \frac{0.073}{1.1248} = 6.5\%$

نسبة الاوكسجين = $100 - (41.86 + 6.5) = 51.6\%$

الصيغة الجزيئية

ينبغي أن تكون الصيغة الجزيئية أحد مضاعفات الصيغة الأولية لأن الذرات لا تتجزأ. وللوصول إليها يلزمنا أن نعرف الوزن الصيغي الأولي أو مجموع الأوزان الذرية المكونة للصيغة الأولية، والوزن الجزيئي. وسنوضح ذلك في المثال التالي :

مثال: في المثال السابق، إذا كان الوزن الجزيئي لمادة الكافيين 194، فما الصيغة الجزيئية لهذه المادة:

الحل :

الصيغة الأولية للكافيين هي $C_4H_5N_2O$

فالوزن الصيغي = $16.0 + (14.0)2 + (1.00)5 + (12.0)4 = 97.0$

عدد مرات تكرار الصيغة الأولية في الصيغة الجزيئية هو :

$$\frac{194}{97.0} = 2$$

فالصيغة الجزيئية هي $2 * (C_4H_5H_2O)$ أو $C_8H_{10}N_4O_2$

مثال: احد غازات اكسيد النيتروجين يستخدم شكل واسع في محركات الصواريخ صيغته الاولية NO_2 ووزنه الجزئي 92.0 فما صيغته الجزيئية؟

الوزن المحسوب من الصيغة NO_2 = 46.0 غم / مول

عدد مرات تكرار NO_2 في المركب = $\frac{92}{46} = 2$

∴ الصيغة الجزيئية هي $N2O4$ $(NO2) * 2$

الصيغة البنائية

تبين هذه الصيغة طريقة بناء المركب بما في ذلك أماكن وجود الروابط، وعددها وأنواعها. فالصيغة الأولية لحامض الأستيك هي CH_2O، أما الصيغة الجزيئية لهذه المادة فهي $C_2H_4O_2$. وهاتان الصيغتان لا تعطيان أية معلومات عن شكل المركب أو طريقة بنائه.

ويمكن الحصول على هذه المعلومات من الصيغة البنائية (أو البناء) وهي :

$CH_3\ COOH$ أو

```
    H  O
    |  ||
H - C - C - O - H
    |
    H
```

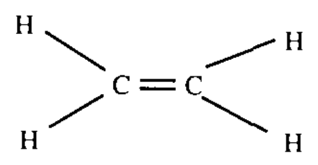
أو

```
 H                O
   \            //
    \  C - C
   /  /     \
 H   H       O-H
```

كما أن الصيغة البنائية لغاز الاستيلين هي :

$$H - C \equiv C - H$$

ولغاز الإيثيلين هي :



وتكتب المعادلات الكيميائية لتبين التغيرات التي تمت أثناء التفاعلات الكيميائية. مثال ذلك تفاعل ذرة كبريت مع جزيء أوكسجين، وينتج عن ذلك جزيء ثاني أكسيد الكبريت. ويمكن توضيح ذلك بالمعادلة التالية :

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$

ويدل السهم على اتجاه المتغير وتوضع المواد المتفاعلة إلى يسار السهم، والمواد الناتجة إلى يمينه. والمعادلات الكيميائية موزونة في العادة. ويمكن أن تبين حالات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، كما يلي :

$$2H_3PO_4 + 3Ca(OH)_2 \rightarrow 6H_2O + Ca_3(PO4)_2$$

وتمثل (s) حالة الصلابة، (g) الحالة الغازية، (L) الحالة السائلة، و(q) حالة المحلول المائي.

مثال: يتفاعل عنصر الالمنيوم Al مع غاز البروم Br_2 لاعطاء مركب بروميد الالمنيوم $AlBr_3$. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل

$$Al + Br_2 \rightarrow AlBr_2$$

نلاحظ وجود ذرتين من Br على اليسار وثلاثة ذرات على اليمين وحتى يتساوى عدد

ذرات البروم ؟؟ اليمين بـ 2 واليسار بـ 3 فتصبح المعادلة

$$Al + 3Br_2 \rightarrow 2AlBr_3$$

تنتج عن هذه العملية اختلال في عدد ذرات Al وحتى يتساوى تضرب Al على اليسار بالعدد 2 فتصبح المعادلة

$$2Al + 3Br_2 \rightarrow 2AlBr_3$$

مثال: اوزان المعادلات التالية:

1. $Ba(OH)_2 + HCl \rightarrow BaCl_2 + H_2O$

2. $Mg + FeCl_3 \rightarrow Fe\ MgCl_2$

الحل

1. $Ba(OH)_2 + 2HCl \rightarrow BaCl_2 + 2H_2O$

2. $3Mg + 2FeCl_3 \rightarrow 2Fe + 3MgCl_2$

الروابط الكيميائية

الرابطة الكيميائية عبارة عن تجاذب بين الذرات والتي تؤدي بالتالي إلى تجميع المركب وقوة هذه الروابط ونوعها تحدد الخواص الكيميائية للمركب، وطريقة تغير الرابطة الكيميائية عند تفاعلها هو ما يحدد كمية الطاقة الناتجة أو التي تحتاج إليها أثناء التفاعل. وفي المركبات الكيميائية أنواع كثيرة من الروابط والقوى ويفسر نشوء هذه الروابط والقوى على أساس التركيب الإلكتروني للعناصر الكيميائية وسنتناول في هذا الجزء من هذه الوحدة معظم أنواع الروابط والقوى بالتفصيل إن شاء الله.

الروابط الأيونية

تنتج الروابط الأيونية من الانتقال الكامل للإلكترونات بين ذرتين مختلفتين جداً برغبتهما في كسب الإلكترونات (السالبة) الذي ينتج عنه تكوّن أيونات. وتصبح الذرة التي تفقد الكترونات ذات شحنة موجبة (كاتيون Cation). بينما تصبح الذرة التي تكتسب الكترونات سالبة الشحنة (أنيون Anion). والرابطة الأيونية هي عبارة عن التجاذب الكهربائي بين هذه الأيونات المختلفة الشحنة.

أو تتكون هذه الروابط في التفاعل بين ذرة ذات جهد أيوني واطيء (Ionization Potential) مع ذرة ذات ألفة الكترونية عالية (Electron Affinity). ومن الأمثلة على مثل

هذه الروابط ما يحدث بين الصوديوم والكلور، حيث يكون لذرة الصوديوم مبدئياً، إلكترون تكافؤي واحد وللكلور سبع الكترونات. فلذرة الصوديوم الآن شحنة موجبة بسبب فقدان الكترونا سالباً، وللكلور شحنة سالبة بسبب حصولها على الكترون. وهكذا يتكون أيون سالب وأيون موجب. ولأن للأيونات شحنات كهربائية متعاكسة فإنها تجذب إحداها الأخرى لتكوين (رابطة أيونية)، وتكوين الرابطة الأيونية يتم بثلاث مراحل (خطوات) :

1- الخطوة الأولى : تحتاج إلى طاقة تساوي جهد تأين الصوديوم (5.1 الكترون فولت).

$$Na\ (1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^1) \rightarrow Na^+\ (1S^2\ 2S^2\ 2P^6) + e^-$$

2- الخطوة الثانية : تتحرر طاقة تساوي الألفة الالكترونية للكلور (3.61 الكترون فولت).

$$Cl\ (1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2\ 3P^5) + e \rightarrow Cl^-\ (1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2\ 3P^6)$$

3- الخطوة الثالثة : تتحرر طاقة تساوي (5.2) الكترون فولت بسبب التجاذب بين الأيونات الموجبة والسالبة.

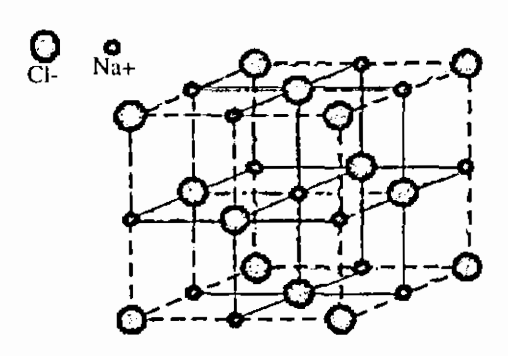
$$Na^+ + Cl^- \rightarrow [Na^+]\ [Cl^-]$$

تكتسب العناصر الالكترونات او تفقدها من أجل الحصول على تركيب الكتروني ثابت في مستوى الطاقة الخارجي وهذا يتمثل بالثمانية الثابتة ($1S^2, 2S^2\ 2P^6$) أو الحصول على تركيب الكتروني للمدار الخارجي مماثل لذلك في الغازات الخاملة. وتحصل العناصر الواقعة في أقصى يسار الجدول الدوري على الثمانية الثابتة بفقدان العدد القليل من الالكترونات الموجودة في مستوياتها الخارجية، وهذا يترك الأفلاك الداخلية مملوءة. إن اكتساب هذه الالكترونات من قبل العناصر الواقعة في أقصى يمين الجدول الدوري يملأ مستوياتها الخارجية ويعيطها تركيباً الكترونيا مماثلاً لذلك في الغازات الخاملة.

وبصورة عامة فإن معظم هذه المركبات الأيونية تشابه كلوريد الصوديوم، حيث أنها صلبة، هشة، وتذوب في الماء لتعطي محاليل موصلة للتيار الكهربائي، كما أنها تنصهر عند درجات حرارة عالية نسبياً.

وعندما تتفاعل العناصر المعدنية مع العناصر اللامعدنية لإنتاج المركبات الأيونية، فإن الأيونات الموجبة والسالبة الناتجة عن التفاعل تترتب بحيث تزيد من قوى التجاذب بين الأيونات المختلفة في الشحنة، وتقلل من قوى التنافر بين الأيونات المتشابهة في الشحنة. ففي كلوريد الصوديوم، وفي المركبات الشبيهة به من ناحية الشكل، تحيط أيونات

الصوديوم الموجبة الكلوريد السالبة، كما أن أيونات الكلوريد السالبة تحيط الصوديوم الموجبة على نحو يضمن أن يحاط كل أيون بستة أيونات مخالفة له في الشحنة. ففي الاتجاهات الثلاثة نجد الترتيب نفسه وهو Na^+ - Cl^- - Na^+ - Cl^- ...الخ. كما في الشكل (2 - 1). وينتج عن هذا ما يسمى الشبكة البلورية (Crystal Lattice). وفي مركبات أيونية أخرى يمكن أن يحاط الأيون بأربعة أو ستة أو ثمانية أيونات من الأيونات المخالفة في الشحنة، تبعاً لحجم هذه الأيونات، أو صيغة المركب الأيوني.



شكل (4 - 1) التركيب البلوري لكلوريد الصوديوم

والرابطة الأيونية هي محصلة مجموعة قوى التجاذب بين الأيونات المختلفة في الشحنة، ومجموع قوى التنافر بين الأيونات المتشابهة في الشحنة. وتزداد قوة هذه الرابطة كلما زادت شحنة الأيونات أو قل حجمها.

وكما هو واضح من الشكل أعلاه، فلا توجد جزيئات منفصلة أو مستقلة للمركب الأيوني في البلورات، وإنما توجد شبكة من الأيونات السالبة والأيونات الموجبة مرتبة في الاتجاهات الثلاثة.

الرابطة الفلزية (المعدنية)

تشترك الفلزات في عدد من الصفات مثل قدرتها على توصيل الحرارة والكهرباء ولمعانها وقابليتها للطرق والسحب وصلابتها إلى غير ذلك من الصفات. وتعود هذه الصفات في مجملها إلى وجود رابطة بين ذرات الفلزات في بلوراتها تسمى الرابطة الفلزية، حيث أن الكترونات التكافؤ في بلورة من بلورات فلز ما تكون مشتركة بين جميع الذرات في البلورة مشكلة ما يشبه الغيمة الالكترونية حول جميع الذرات. وإن سقوط ضوء على هذه الالكترونات يجعلها تمتص بعضاً منه فتنتقل إلى مستوى أعلى ضمن الشريط نفسه، إلا أنها تعود ثانية إلى الوضع الذي كانت عليه مشعة ضوءاً يتسبب في إكساب الفلزات بريقاً معدنياً.

توصل الفلزات الطاقة الحرارية أيضاً بسهولة، ويرجع ذلك إلى أن الكترونات التكافؤ للفلز تمتص الحرارة فتزداد طاقة حركتها، وتنتقل عبر البلورة إلى الأماكن غير الساخنة فتعطيها من طاقتها، مما يؤدي إلى تسخينها.

تتصف الفلزات أيضاً بقابليتها للطرق والسحب، وسبب ذلك أن ذراتها تكون بشكل صفائح (طبقات) فوق بعضها في البلورات، فعندما تطرق فوق قطعة من الفلز تنزلق الطبقة العليا جانبياً، مما يزيد من مساحتها، إلا أن حرية الحركة للالكترونات تبقي على ارتباط هذه الطبقة مع الطبقات المجاورة لها فلا تنفصل عنها.

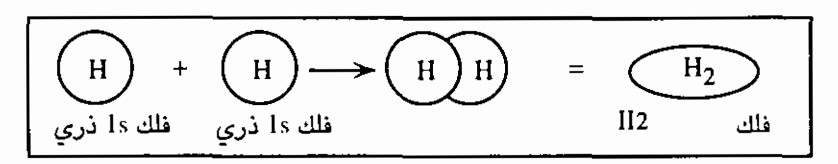
تؤثر الرابطة الفلزية أيضاً على درجات انصهار وغليان الفلزات فتجعلها عالية، وذلك نظراً لقوة الرابطة الفلزية التي تربطها، وتزداد قوة الربطة الفلزية عادة بازدياد عدد الكترونات التكافؤ التي تقدمها ذرة الفلز إلى الرابطة الفلزية، من هنا نجد أن الرابطة الفلزية في المغنيسيوم أقوى منها في الصوديوم، وفي الألومنيوم أقوى منها في المغنيسيوم، وذلك لأن الصوديوم يقدم الكتروناً واحداً، بينما يقدم المغنيسيوم الكترونين، ويقدم الألومنيوم ثلاثة الكترونت، وهذا ما يفسر كون درجات غليان الألومنيوم أكبر منها للمغنيسيوم، وهذه بدورها أكبر منها للصوديوم. وبشكل عام، فإن الرابطة الفلزية أضعف من الرابطة التساهمية، ويرجع ذلك إلى انخفاض طاقة تأين الفلزات، مما يعني ضعف التجاذب بين الكترونات التكافؤ وأنوية ذراتها، ومن ثم ضعف الرابطة الفلزية النسبي. كما تمتاز الرابطة الفلزية بأنها غير متجهة في الأحوال العادية، فلا يوجد طرف سالب وآخر موجب في قطعة من الفلز، أما الرابطة التساهمية فتكون مستقطبة في الغالب.

الروابط التساهمية :

تستخدم الروابط التساهمية المشاركة بأزواج الالكترونات بين الذرات المتشابهة السالبية، ونظراً للتشابه في السالبية لا تستطيع أي من الذرتين فقدان الكترونات من مدارها الخارجي كما هو الحال في الروابط الأيونية، وبدلاً من ذلك تنجذب نواة كل ذرة كهربائية إلى زوج الالكترونات المشتركة التي تنتج عنها الرابطة. وفي تكوين أبسط أنواع الروابط التساهمية تساهم كل ذرة بالكترون واحد مما ينتج عنه زوج مشترك من الالكترونات لكل ذرة. والسؤال هو ماذا نعني بـ (اشتراك في الاليكترونات). إن نظرية المدارات الجزيئية تفسر على أساس انجذاب الالكترونات المشتركة إلى كلتا النواتين وتتوزع في المدارات التي ينتشر على كل ذرة. كما تفسر الرابطة التساهمية على أساس تواجد

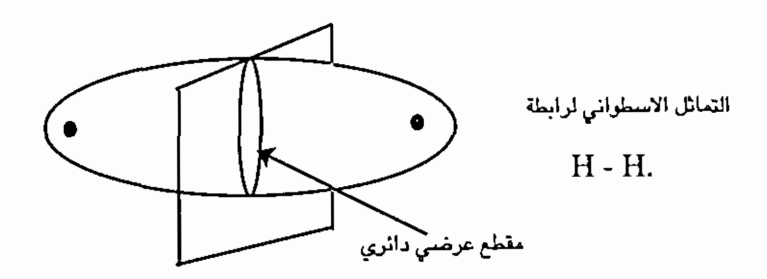
الالكترونات في أية فترة زمنية بالقرب من إحدى النواتين، ولكن ليس بالقرب من كلتيهما في وقت واحد. وبمعنى آخر قد يوجد كل الكترون في المدارات الذرية لذرة واحدة أو لأخرى. وقد يحصل تبادل الكتروني، حيث يتنافس الكترونان تكافؤيان بمواقعيهما.

أما التفسير الحديث للروابط التساهمية، هو أن هذه الرابطة تنشأ باختلاط الأفلاك، أي باختلاط سحابتين الكترونيتين، فلإنشاء الرابطة (H - H) نتصور ذرتي هيدروجين لكل منهما فلك Is تقتربان ثم يختلط، فلكاهما وينشأ عوضاً عنهما فلك بيضوي، ليؤوي إلكترونين ساهمت كل ذرة بواحد منهما.



وبالترتيب الجديد، أي جزيء الهيدروجين، أكثر ثباتاً من الترتيب السابق له وهو الذرتان المنفصلتان. وخلال التفاعل هذا ينطلق من الطاقة ما مقداره 104 كيلوسعر / مول، وهذا يمثل مقدار الطاقة التي يختلف فيها الجزيء H2 عن الذرتين المنفصلتين، فهو أدنى منهما في مستوى طاقته بهذا المقدار، ولذلك نطلق على هذا المقدار وصف قوة الرابطة، لأن كسرها يتطلب أن نبذل هذا المقدار من الطاقة. وعلاوة على ذلك يتميز النظام الجديد بمسافة محددة تفصل النواتين، فلا هي أكثر بحيث لا يفيد الالكترونات في ربطهما سوياً، ولا هي أقل بمايحدث التنافر بينهما. وهذه المسافة وهي 0.74 أنجستروم تدعى طول الرابطة.

وطريقة تكوّن الرابطة كما تصورناها تؤدي إلى سحابة الكترونية بيضوية ذات تماثل يشابه التماثل في الاسطوانة، أي أن التوزيع الالكتروني حول المحور متماثل لا يختلف عند نقطة عن أخرى في مقطع عرضي. وهذا النوع من الروابط يدعى بروابط سيجما σ Sigma .



التماثل الاسطواني لرابطة

H - H.

ولننظر الآن في نوع الرابطة في جزيء الفلور F_2. وكما هو معلوم فإن التوزيع الالكتروني لذرة الفلور هو $1s^2\ 2s^2\ 2p^5$، فهي تصل إلى التوزيع الثابت لذرة النيون $1s^2\ 2s^2\ sp^6$ بأن تكون أيون الفلوريد F^- باكتساب الكترون بصورة تامة. لكن هذا الأسلوب لا يمكن أن يكون هو المتبع في جزيء F_2، إذ أن المساهمة بالالكترونات من قبل ذرتي الفلور هي السائدة هنا. فكيف يمكن لفلكين من نوع p أن يختلطا ليحققا الارتباط؟ هناك ترتيبان هندسيان يمكن أن يتحقق بهما الاختلاط، أحدهما أن يلتقي الفلكان ومحوراهما على خط واحد، أو رأساً لرأس، وهذا يؤدي لرابطة ذات تماثل اسطواني أي رابطة σ (p --p)، أما في الآخر فإن الفلكين يختلطان ومحوراهما متوازيان فتنشأ منطقة كثافة الكترونية فوق المحور الذي يصل بين النواتين وأخرى تحته. وهذا النوع من الاختلاط يوصف بأنه رابطة باي (π . pi).

والطريقة التي ترتبط بها ذرتا الفلور هي الأولى، لأن الاختلاط أكثر فعالية، ويؤدي إلى رابطة أقوى. أما الاختلاط الجانبي كما في رابطة π فإنه جزئي، ويحدث إذا كان البنيان الجزيئي يؤدي إلى وجود أفلاك p في وضع التوازي كما سنرى.

الروابط التساهمية القطبية

لعدم اشتراك الالكترونات بين الذرات بصورة متساوية، فمن الضروري إيجاد طريقة لوصف كيفية توزيع الشحنة الالكترونية في الرابطة التساهمية وذلك بتصنيفها إلى روابط مستقطبة وروابط غير مستقطبة. فالروابط بين H_2 و Cl_2 تدعى روابط تساهمية غير مستقطبة. أما الرابطة في HCl فتدعى برابطة تساهمية مستقطبة.

ففي الروابط غير المستقطبة يقع مركز الجذب لتوزيع الشحنة السالبة في مركز الجزيء، وذلك أن المزدوج المشترك يكون موزعاً بصورة متساوية على الذرتين. ويعد الجزيء متعادلاً ويتطابق مركز الشحنة الموجبة مع مركز الشحنة السالبة.

أما في الروابط التساهمية المستقطبة فإن مركز الشحنة الموجبة لا ينطبق مع مركز الشحنة السالبة، ويعد الجزيء ككل متعادل كهربائياً، لأنها تحتوي على عدد متساو من الشحنات الموجبة والسالبة، وبسبب الاشتراك غير المتساوي لزوج الالكترونات فإن نهاية الكلور مثلاً بالنسبة للجزيء HCl تظهر سالبة، بينما تظهر نهاية الهيدروجين موجبة :

$$\overset{\delta+}{H} — \overset{\delta-}{Cl}$$

ومن الأمثلة أيضاً الرابطة بين الكلور والبروم في جزيء H_2O.

$$\overset{\delta+}{B_r} — \overset{\delta-}{Cl}$$

وحسب قيم السالبية نتوقع قطبية عالية نسبياً في روابط الكربون مع المعادن كالمغنيسيوم والصوديوم، ويكون الكربون في الرابطة طرفاً سالباً في هذه الحالة.

واستخدم التدليل بالحرف (δ) لتبين اتجاه القطبية في الروابط الكيميائية :

الجدول (3 - 1) قيم السالبية لبعض العناصر

H 2.2						
Li 1.0	Be 1.5	B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0
Na 0.9	Mg 1.2	Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0
K 0.8	Ca 1.0				Se 2.4	Br 2.8
Rb 0.8	Sr 1.0					I 2.5

وإذا خلا الجزيء من الروابط القطبية فإنه يكون غير قطبي. أما إذا كانت في الجزيء روابط قطبية الجزيء تعتمد على محصلتها، فإذا كانت موزعة بحيث يلغي بعضها أثر البعض الآخر كان الجزيء غير قطبي. أما إذا كانت محصلة هذه الروابط قطبية في اتجاه معين، كانت للجزيء قطبية تظهر آثارها في خواصه.

فجزيئات HCl و H_2O قطبية، بينما جزيء CCl_4 غير قطبي. وتفسير ذلك سهل إذا اعتمدنا فيه على الشكل الخطي لجزيء HC1 والترتيب الهرمي الرباعي للجزيئين الآخرين.

ملاحظة : تقاس العزوم القطبية بوحدة D (من Debye) وتقدر حجم هذه الوحدة إذا عرفنا أن الكتروناً وبروتوناً تفصلهما مسافة $1\,A^\circ$ (10^{-8} سم) يكون لهما عزم قطبي مقداره D4.8.

وتنجذب الجزيئات القطبية إلى جزيئات قطبية أخرى من نوعها أو من نوع آخر، وهذا يفسر ارتفاع درجات غليان المواد القطبية، كما يفسر ما نلاحظه في ذوبان المواد القطبية بعضها في الآخر.

القوى بين الجزئيات

هناك أنواع عديدة من القوى تشد الجزيئات بعضها إلى بعض في الحالة الصلبة أو

السائلة، وهي أضعف من الروابط التي سبق وأن ذكرناها. ومن هذه القوى تجاذب الجزيئات القطبية والروابط الهيدروجينية، وقوى ڤان ديرڤال والتي سنشرحها فيما بعد.

وتتأثر هذه القوى بعدة عوامل يمكن تفسيرها بناءً عليها، ومن أهم هذه العوامل :

1- قوى التجاذب الناتجة عن ترتيب الجزيئات Orientation Energy وهي تحدث بين جزيئات لها عزم قطبي تترتب بجانب بعضها، بحيث يكون الطرف السالب للأول قريباً من الطرف الموجب للثاني وبالعكس.



2- قوة التجاذب الناتجة عن وجود جزيء مستقطب قريباً من ذرة أو جزيء غير مستقطب، فيحث الأول الثاني على أن يصبح قطبياً ثم تنشأ بينهما قوة تجاذب تسمى طاقة الحث Inductive Energy.

3- قوة التجاذب المسماة طاقة التشتيت Dispersion Energy وهي تفسر سلوك الغازات الخاملة أكثر من غيرها، ويمكن فهمها بناءً على مفهوم الاستقطاب اللحظي، فلو أخذنا ذرة هيدروجين في لحظة ما، نجد أن الكترونها في جهة وبروتونها في جهة أخرى، أي تكون مستقطبة في تلك اللحظة ولها قطبان موجب وآخر سالب، عندها تؤثر هذه الذرة على ذرة هيدروجين مجاورة، فتجعلها تعدل من وضعها ليكون الكترونها قريباً من بروتون الأولى، وبروتونها قريباً من الكترون الأولى، مما يسبب حدوث تجاذب بينهما.

وتعد هذه القوة أكثر تأثيراً على تكوين روابط ڤان ديرڤال، وقد كان أول من افترض وجودها العالم الألماني فيرتز لندن عام 1930م، ويبرز أقوى تأثيرها في الجزيئات الكبيرة التي تملك غيمات الكترونية كبيرة يسهل تشتيتها أو استقطابها، فعندما يزداد حجم الجزيئات، تزداد المساحة المتقابلة بين جزيئين متجاورين، فتزداد قوى لندن بينهما، لذا نرى قوى التجاذب بين جزيئات HI أكبر منها بين جزيئات HCl، على الرغم من أن جزيء HCl أكثر قطبية، ودليل ذلك أن درجة غليان HI تساوي (-35° م)، بينما درجة غليان HCl تساوي (-85°م).

4- تتأثر قوى ڤن ديرڤال بأشكال الجزيئات، فكلما زادت إمكانية ترتيبها في بلورات، تزداد قوى ڤان ديرڤال بينها. ولكن هذه القوى هي أضعف أنواع الروابط الموجودة، إذ تتراوح طاقتها ما بين 4.2 - 42 كيلو جول / مول. بينما متوسط طاقة الرابطة التساهمية 420 كيلو جول / مول.

الخلاصة

لقد تم في هذا الفصل توضيح فكرة البنية الذرية وتركيب الذرات وذلك من خلال عرض التطور التاريخي للذرة وتوضيح بعض مكونات الذرة كما تم التعريف بالعناصر، والمركبات، والمخلوطات، ومناقشة الرموز والصيغ والمعادلات الكيميائية، كما تم شرح المول والصيغ البنائية والجزيئية للمركبات الكيميائية. وفي نهاية الفصل تمت مناقشة الروابط الكيميائية المختلفة.

وفي الفصل القادم، ستتم مناقشة بعض المفاهيم المتعلقة بالمادة، وأشكالها وتحولاتها، إضافة إلى منحنيي التسخين والتبريد.

أسئلة وتمارين

1- اذكر المكونات الرئيسة للذرة.

2- ما الفرق بين الصيغة البنائية والصيغة الجزيئية.

3- اذكر مراحل اكتشاف الذرة مع ذكر مثال :

4- وضح المقصود بما يلي :

أ- النظائر.

ب- المول.

جـ- قوى ڤال ديرڤال.

د- الرابطة الهيدروجينية.

هـ- الرابطة الأيونية.

و- قوى التجاذب بين الجزيئات.

5- كيف يمكن تفسير الروابط التساهمية في المفهوم الحديث؟ موضحاً إجابتك بالرسم.

6- وضح بمثال الفرق بين الرابطة التساهمية القطبية وغير القطبية.

7- حدد نوع الرابطة في المركبات التالية مع الرسم.

1- ثالث كلوريد الألومنيوم. 2- الاستيلين.

3- كلوريد الصوديوم. 4- ثاني أكسيد الكربون.

5- قضيب من الحديد. 6- الميثان.

7- غاز الكلور.

8- وضح بمثال الفرق بين المركب والمخلوط.

9- استخدم التدليل بالحرف (δ) لتبين اتجاه القطبية في الروابط التالية :

H_3C - OH, H_2N-H, H_3C - Li, H_3C - NH_2, H_3C - Br.

10- يحتوي الفوسفات الأردني على 180 غم من اليورانيوم U_{92}^{238} لكل طن، فاحسب عدد ذرات اليورانيوم في الكيلو غرام الواحد.

الفصل الثاني

المادة «أشكالها، وتحولاتها، وخواصها»

طبيعة المادة

حاول الإنسان عبر العصور البحث في طبيعة العالم الذي حوله، وذلك بدافع حب المعرفة والإستطلاع، ومن خلال ذلك تم الكثير من الإكتشافات المهمة التي ساعدت على تطور العلوم والتكنولوجيا.

وتعرف المادة بأنها أي شيء لها كتلة وتشغل حيزاً والإصطلاح كتلة يصف قابلية بقاء جسم في السكون إذا كان واقفاً، أو الإستمرار في الحركة إذا كان متحركاً. ويمكن إيجاد كتلة جسم "مثلاً" من قياس وزنه وهي القوة التي ينجذب بها نحو الأرض. وبسبب أن قوة الجاذبية ليست نفسها في كل نقطة على سطح الأرض فوزن الجسم ليس ثابتاً، نتيجة لذلك يمكن إيجاد كتلة جسم من القياس المباشر لوزنه، فقط إذا كانت قوة الجاذبية الأرضية في نقطة القياس معلومة وعلى أية حال، تكون كتلة الجسم ثابتة ويمكن إيجادها من مقارنة وزنها مع كتلة معلومة، ويمكن إجراء هذه العملية باستخدام الميزان ذو الكفتين أو الميزان ذو الكفة الواحدة. وتقاس الكتلة بالوحدات الدولية بالنيوتن فالكيلو غرام الواحد من الكتلة يزن 9.81 نيوتن عند سطح الأرض. ويكون تسارع الجاذبية على سطح القمر مساوياً فقط سدس قيمته على الأرض، لذلك يزن وزن الجسم على سطح القمر سدس وزنه على الأرض ولكن كتلته متساوية على الموقعين.

يمكن تعريف الكتلة بصورة تقريبية على أنها كمية المادة (Amount matter) في الجسم. والوحدة المعيارية لقياس الكتلة في النظام العالمي هي الكيلو غرام ويعرف بأنه كتلة إسطوانة مصنوعة من سبيكة البلاتينيوم والأريديوم (بنسبة 90% بلاتينيوم و 10% اريديوم) محفوظة بالمركز الدولي للقياس والأوزان قرب باريس ويبلغ إرتفاع هذه الإسطوانة 3.9 سم وقطرها 3.9 سم. ويعود هذا الإتفاق لعام 1901 ولم يطرأ حتى الآن أي تغير على هذا الإتفاق لأن سبيكته البلاتينيوم والأريديوم لا تتغير مع الزمن.

تقاس الكتل المختلفة بمقارنتها بالكيلو غرام المعياري وذلك باستخدام ميزان حساس فإذا تعادلت الكتلة المجهولة مع الكيلو غرام المعياري فإن كتلتها هي الأخرى تكون واحد كيلو غرام.

حالات المادة

توجد المادة إما على شكل غازات أو مواد سائلة أو مواد صلبة وسنقوم بشرح كل حالة من هذه الحالات بالتفصيل.

الغازات

سنبدأ في هذا الجزء بالحديث من الإصطلاحات المستعملة لوصف الغازات، ثم شرح القوانين التي تخص سلوك الغازات.

الحجم :

إن حجم أية مادة هو الفراغ الذي تشغله تلك المادة. وبالنسبة للغازات يكون حجم العينة هو نفس حجم الوعاء الذي يشغله ذلك الغاز، ويحدد هذا الحجم عادة بوحدة اللترات والملليلترات (ML) أو السنتميتر المكعب (C^3). وكما يتضمن الإسم فإن سنتميتر مكعب واحد هو حجم المكعب الذي طول ضلعه يساوي 1سم، واللتر الواحد يكون 1000 مرة أكبر من 1سم^3 ولهذا فإن المليمتر الواحد الذي هو جزء من الف من اللتر مساو إلى سم^3 واحد. ومن صفات الغازات :

قابلية الإنضغاط وقانون بويل :

إن من الصفات المميزة للغازات هي قابليتها الكبيرة للإنضغاط وتتلخص هذه الخاصية كمياً بقانون بويل سنة (1662) Boyle's Law والذي ينص على أن : عند درجة حرارة ثابتة تشغله كتلة معينة من غاز حجماً يتناسب عكسياً مع الضغط المسلط عليه. وإذا تضاعف الضغط فإن الحجم يقل إلى النصف والشكل (1 - 2) يبين عينة من غاز محصورة في إسطوانة مقفلة ومزودة بمكبس متحرك فإذا تضاعف وزن المكبس فإن الضغط المسلط على الغاز يتضاعف أيضاً بينما حجمه يقل إلى نصف حجمه الأصلي ويمكن تلخيص قانون بويل برسم الضغط مع الحجم P.V كما هو موضح في الشكل (2 - 2) وفي هذا الرسم البياني يمثل المحور الأفقي ضغط عينة من الغاز أما المحور العمودي فيدل على الحجم الذي تشغله والمنحني هو القطع الزائد Hyper - bole حيث يمثل بالمعادلة الآتية :

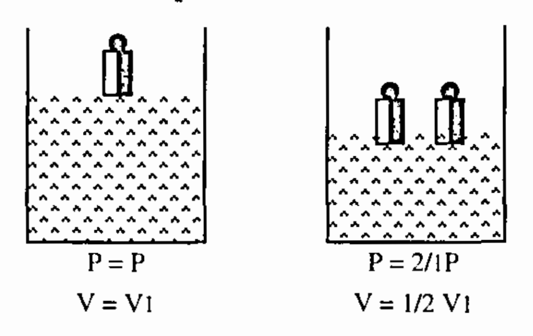
$$PV = \text{ثابت}$$

أو

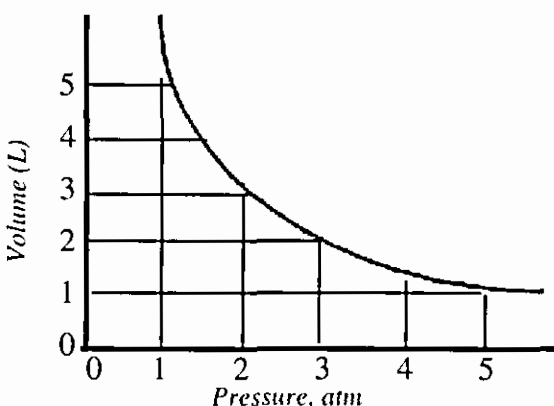
$$V = \frac{\text{ثابت}}{P}$$

إن مقدار الثابت لا يتغير (فيما إذا عين وزن العينة ودرجة حرارتها) فمثلاً إذا كان

حجم العينة = 1 عند أربعة ضغوط جوية فإن حجمها يصبح أربعة ليترات عند ضغط جوي واحد ويمكن ملاحظة هذا إما بالرسم البياني أو من المعادلة.



شكل (1 - 2) العلاقة بين الحجم والضغط

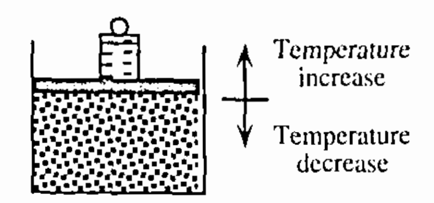


شكل (2 - 2) الرسم البياني للضغط مع الحجم للغازات

إن السلوك المحدد بقانون بويل لا يلاحظ دائماً، ويمكن لأي غاز أن يخضع للقانون على نحو أوثق عند الضغوط المنخفضة ودرجات الحرارة العالية ولكن كلما إزداد الضغط أو إنخفضت درجة الحرارة يحدث الشذوذ عن هذا القانون.

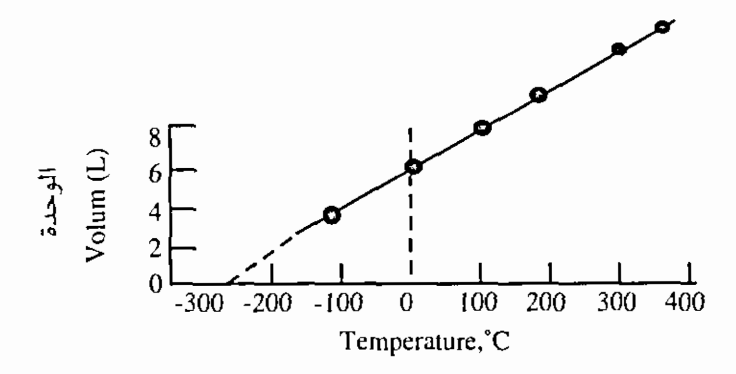
التمدد الحراري وقانون شارل

من الصفات المميزة الأخرى للغازات هي قدرتها على التمدد الحراري ومثل معظم العناصر الأخرى فإن حجمها يزداد بإرتفاع درجة الحرارة ويمكن عملياً قياس الزيادة في الحجم مع إزدياد درجة الحرارة عندما تحبس كتلة معينة من غاز في إسطوانة تحتوي على مكبس متحرك كما هو ملاحظ في الشكل (3 - 1) وتكون الكتلة في أعلى المكبس ثابتة لذا تبقى عينة الغاز تحت ضغط ثابت ويلاحظ عند تسخين الغاز أن المكبس يتحرك للأعلى وبذلك يزداد الحجم.



شكل (3 - 2) اسطوانة غاز مع مكبس متحرك

كما في الشكل (4 - 2) أرقام نموذجية قد تم رسمها حيث تدل النقاط الواقعة على خط مستقيم بأن الحجم يتغير خطياً مع درجات الحرارة فإذا إنخفضت درجات الحرارة كثيراً يصبح الغاز سائلاً وبذلك لا يمكن الحصول على نقاط أخرى من التجربة ومع ذلك فعندما يمتد الخط المستقيم إلى درجات الحرارة المنخفضة كما هو ملاحظ من الخط المتقطع فإنه يصل إلى النقطة التي يكون فيها الحجم صغيراً وعند هذه النقطة تكون الحرارة مساوية إلى -273.15م ولا تعتمد هذه الدرجة على نوعية الغاز المستعمل ولا على ضغطه عند إجراء التجربة.



الشكل (4 - 2) الرسم البياني للحجم مع درجة الحرارة للغازات

وقد وجد أن الحجم الذي يشغله وزن معين من غاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة تحت ضغط ثابت وهذا الملخص لسلوك الغاز يدعى بقانون شارل (1787) ويمكن أن يعبر عنه رياضياً بالحجم (V) = قيمة ثابتة × درجة الحرارة (K) حيث أن وحدة K هي درجة كلفن وأن قيمة العدد الثابت تعتمد على الضغط وعلى كمية الغاز.

ومثل قانون بويل فإن قانون شارل يمثل الغاز المثالي أو الغاز التام ويلاحظ إنحراف أي غاز حقيقي عن قانون شارل عندما يكون الضغط عالياً فعند درجات الحرارة القريبة من درجة سيولة الغاز وبالقرب من هذه الدرجة يكون الحجم الملاحظ أقل من الحجم المتوقع من قانون شارل.

قانون دالتون للضغوط الجزئية

إن السلوك الملاحظ عند وضع غازين أو أكثر في وعاء واحد يلخص في قانون دالتون للضغوط الجزئية (1801) وينص هذا القانون على أن : الضغط الكلي المسلط من مزيج من الغازات يكون مساوياً لمجموع الضغوط الجزئية لكل الغازات ويعرف الضغط الجزئي للغاز في المزيج على أنه الضغط الذي يسلطه الغاز إذا وجد لوحده في الوعاء ويوضح الشكل (5-2) قانون دالتون حيث أن كلا من الصناديق الثلاثية لها الحجم نفسه ويوجد لكل منها مانومتر لقياس الضغط فإذا فرضنا ضغطها مساوياً إلى 6 سم زئبق وأن كمية من الأوكسجين قد ضخت إلى الصندوق الثاني وكان ضغطها مساوياً إلى 10 سم زئبق، والآن إذا نقلنا كلاً من الأكسجين والهيدروجين إلى الصندوق الثالث فيلاحظ أن الضغط = 16 سم زئبق وقاعدة عامة فإن قانون دالتون يمكن أن يكتب بالشكل الآتي :

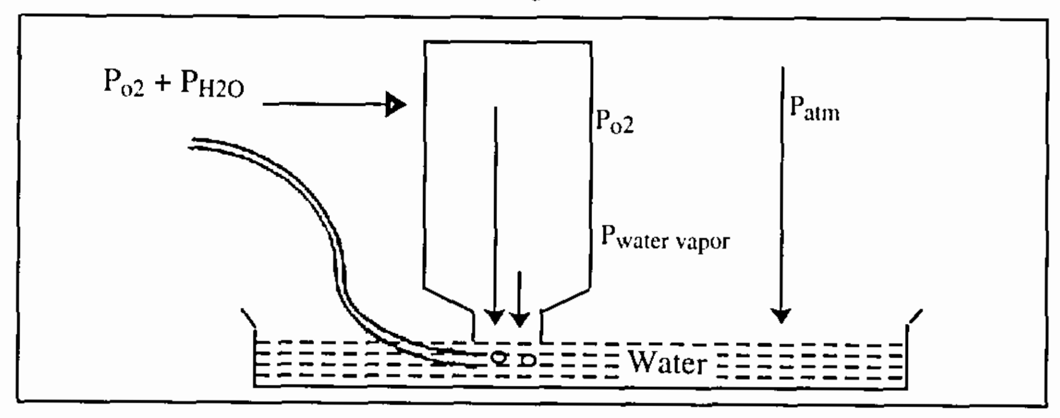
الضغط الكلي $P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 + ...$

حيث أن الأرقام السفلية تدل على عدد الغازات التي تشغل الحجم نفسه وفي الحقيقة أن قانون دالتون هو قانون مثالي ولكنه ينطبق تقريباً على الغازات.

وفي معظم التجارب العملية التي تتعامل مع غازات نلاحظ أن الغازات تتجمع فوق الماء ويعمل بخار الماء على المساهمة في الضغط الكلي المقاس، شكل (6-2) يوضح تجربة يجمع فيها غاز الأوكسجين بإزاحته للماء، فإذا كان سطح الماء هو نفسه داخل الزجاجة وخارجها فإن ذلك يمثل كالآتي :

الضغط الجوي P_{atm} = ضغط الأوكسجين P_{oxygen} + ضغط بخار الماء $P_{water\ vapor}$

ضغط الأوكسجين = الضغط الجوي - ضغط بخار الماء



شكل (6 - 2) تجمع الأوكسجين فوق الماء

قانون غاي لوساك للحجوم المتحدة

افترضنا في الفقرة السابقة أن الغازات لا تتفاعل مع بعضها عندما تمزج سوية ولكنها تتفاعل مع بعضها أحياناً، مثلا ذلك عند مرور شرارة من خلال مزيج من غازي الهيدروجين والأوكسجين يحدث التفاعل ليتكون ماء على شكل غاز وكذلك عندما يتعرض مزيج من غازي الهيدروجين والكلور للأشعة فوق البنفسجية يحدث تفاعل ويتكون غاز كلوريد الهيدروجين. وفي أي تفاعل كهذا يشتمل على غازات فقد لوحظ أنه عند درجة حرارة وضغط ثابتين تكون حجوم الغازات المنفردة التي تتفاعل حقيقة عبارة عن مضاعفات بسيطة بعضها مع بعض وكمثال نوعي لذلك هو عند تفاعل الهيدروجين مع الأوكسجين لتكوين الماء، حيث يتطلب لترين من الهيدروجين لكل لتر واحد من الأوكسجين كم يتحرر من الماء؟ بينما تفاعل الهيدروجين مع الكلور فإن كل لتر واحد من الهيدروجين يتطلب لتراً من الكلور ويتحرر لتران من غاز كلوريد الهيدروجين. وتلخص هذه الملاحظات في قانون غاي لوساك للحجوم المتحدة (1809) والذي ينص على أن عند ضغط ودرجة حرارة معينين تتحد الغازات بنسب بسيطة من الحجوم وحجم أي غاز ناتج يعطي نسبة العدد الكلي لأي غاز من الغازات المتفاعلة.

قاعدة افوغادرو

كان افوغادرو في سنة (1811) أول من افترض أن الحجوم المتساوية من الغازات عند درجة الحرارة نفسها والضغط تحتوي على عدد متساوي من الجزيئات وهذه القاعدة تفسر قانون غاي لوساك.

المعادلة العامة للغازات

من الممكن جمع قانوني بويل وشارل وقاعدة افوغادرو لنحصل على علاقة عامة بين الحجم، والضغط، ودرجة الحرارة وعدد المولات لعينة الغاز وتسمى هذه العلاقة العامة بالمعادلة العامة للغازات لأنها تبين التغير من حالة غازية إلى أخرى والمتغيرات الأربعة التي تغير الحجم، الضغط، درجة الحرارة، وعدد المولات.

ومن الممكن استنتاج المعادلة العامة للغاز المثالي كالآتي: بالنسبة إلى قانون بويل فإن الحجم V يتناسب عكسياً مع الضغط بالنسبة إلى قانون شارل فإن الحجم V يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة K وبالنسبة لقاعدة افوغادرو فإن الحجم V يتناسب طردياً مع عدد المولات وباستعمال الرمز $\propto$ بأنها تعني التناسب مع فمن الممكن أن يحدث:

$V \propto \frac{1}{p}$ عند ثبوت درجة الحرارة وعدد المولات.

$V \propto T$ عند ثبوت الضغط وعدد المولات.

$V \propto n$ عند ثبوت درجة الحرارة والضغط.

أي بصورة عامة :

$$V \propto \frac{1}{P} (T)(n)$$

ان هذه العلاقة تشمل كلا من الثلاثة الأخرى هي باثنين متغيرين مثال درجة الحرارة وعدد المولات على أنهما ثابتان. وتلاحظ العلاقة بين العاملين الأخرين وعند كتابة هذه المعادلة بالصيغ الرياضية فإن العلاقة تصبح :

$$PV = nRT$$

والعلاقة التي تدخل في المعادلة هي ثابت التناسب وتسمى بثابت الغاز التام والمعادلة $PV = nRT$ هي المعادلة للغازات (الغاز المثالي) أو قانون الغاز التام.

انتشار الغازات وقانون جراهام

كما بينا سابقاً الغاز ينتشر ليشغل أي حجم مسموح به وهذا التوزيع التلقائي للمادة في كل مكان يدعى بالإنتشار ويمكن أن تلاحظ عملية الإنتشار بتحرير كمية من العطور في غرفة فسرعان ما تمتليء الغرفة برائحتها وهذا يدل على أن جزيئات العطور قد انتشرت خلال حجم الغرفة كلها وبالإضافة إلى ذلك فلقد وجد أن في مجموعة من الغازات يكون إنتشار الغاز الأخف (أي الذي له أقل وزناً جزيئياً) اكثر وكما تتناسب سرعة انتشار الغاز عكسياً مع الجذر التربيعي لوزنه الجزيئي تحت نفس الظروف وهذا هو قانون جراهام للإنتشار (سنة 1829) وصيغته الرياضية تكتب بالشكل الآتي :

$$\frac{\sqrt{m_2}}{\sqrt{m_1}} = \frac{R_1}{R_2} \quad \text{أو} \quad \frac{\text{consant}}{\sqrt{m}} = R$$

حيث أن R_1 و R_2 هما سرعة انتشار الغاز رقم (1) والغاز رقم (2)، m_1 و m_2 أوزانهما الجزيئية على التوالي، وفي حالة غاز الأوكسجين وغاز الهيدروجين يكون :

$$\frac{R_{H_2}}{R_{0_2}} = \frac{\sqrt{m_{0_2}}}{\sqrt{m_{H_2}}} = \frac{\sqrt{32}}{2}$$

وحقيقة أن الغازات الثقيلة تكون أقل إنتشاراً من الغازات الخفيفة.

حركة براون Brownian motion

إن مظهراً واحداً من سلوك الغازات الملاحظ الذي يعطي دليلاً قوياً على طبيعتها هي الظاهرة المعروفة المسماة بحركة براون نسبة إلى مكتشفها براون في سنة 1827 وهي حركة متعرجة غير منتظمة لجسيمات دقيقة جداً عندما تعلق في سائل أو في غاز ومن الممكن ملاحظة حركة براون بتركيز ميكروسكوب على جسيم من دخان سيجارة مسلط عليه ضوء في جهة واحدة فيلاحظ أن الجسيم لا يكون مستقراً مكانه ولكنه يتحرك بإستمرار في جميع الإتجاهات ولا يعطي إشارة على كونه مستقراً، وكلما كان الجسيم العالق الملاحظ صغيراً كلما كانت حركته غير المنتظمة اعنف في الظروف الثابتة وكذلك عند ارتفاع درجة حرارة السائل فإن الجسيم العالق تزداد اكثر.

النظرية الحركية Kinetic Theory

إن وجود حركة براون تناقض فكرة أن المادة تكون في حالة السكون وتبين اكثر أن جزيئات المادة تتحرك بإستمرار، ويظهر جسيم دخان السيجارة على أنه يصطدم بجزيئات الهواء فإن حركته بصورة غير مباشرة تعكس حركة جزيئات المادة الخفية التي تظهر بالميكروسكوب وهذا يعد برهاناً قوياً على أن الغازات تتكون من اجزاء دقيقة دائمة الحركة ونظرية الجزيئة المتحركة هذه تعرف بالنظرية الحركية للمادة ولها افتراضان هما : إن جزيئات المادة تكون متحركة ونتيجة لهذه الحركة تتولد حرارة.

والنظرية الحركية كأية نظرية تعد نموذجاً لتفسير بعض الحقائق الملاحظة ولكي يكون هذا النموذج مفيداً فيجب أن توضح بعض الإفتراضات البسيطة عن خواصه ومن الممكن التأكد من صحة كل افتراض ومن جدارة أي نموذج بالطريقة التي تفسر بها الحقائق، وقد وضعت الفرضيات الآتية للغاز المثالي :

1- تتكون الغازات من جزيئات بالغة الصغر ومتباعدة جداً عن بعضها وغالباً ما يهمل الحجم الحقيقي لهذه الجزيئات نسبة إلى حجم الفراغ الذي بينهما.

2- لا يوجد قوى تجاذب بين الجزيئات في الغاز المثالي وتكون هذه الجزيئات غير معتمدة على بعضها الآخر كلياً.

3- تكون جزيئات الغاز في حركة سريعة عشوائية مستمرة وعلى خط مستقيم وتصطدم ببعضها الآخر ومع جدران الوعاء الذي يحتويها، وقد فرض على أنه في كل تصادم لا يحدث فقدان في الطاقة الحركية على الرغم من وجود انتقال في الطاقة بين الجزيئات المتصادمة.

4- في وقت معين ولأي مجموعة من جزيئات الغاز تتحرك الجزيئات المختلفة بسرع مختلفة ولهذا فإ لها طاقات حركية مختلفة.

وعلى هذا يفترض أن معدل الطاقة الحركية لكل الجزيئات يتناسب تناسباً طردياً مع درجة الحرارة المطلقة.

الحالة الصلبة

كما بينا في الصفحات السابقة فإن الغازات تتميز بعدم وجود النظام حيث أن جزيئات الغاز غير مقيدة لتشغل مواقع معينة في الفراغ، أما الحالة الصلبة، فإنها تتميز بالنظام حيث تترتب الذرات في المادة الصلبة حسب نموذج منتظم ووجود هذا النظام يسهل فهم الحالة الصلبة.

وتختلف المواد الصلبة عن الغازات التي تتمدد لتشغل أي زيادة في الحجم فإن المواد الصلبة لها حجم ثابت مميز لا يتغير مع حجم الوعاء الذي توضع فيه ولا يتغير تغيراً كبيراً في درجات الحرارة والضغط، لذا فالمواد الصلبة بالمقارنة مع الغازات غير قابلة للضغط أو التمدد بدرجة كبيرة عند إرتفاع درجة الحرارة وهذا ناتج عن التجاذب القوي بين الذرات والجزيئات ذات الرص المحكم، إضافة إلى أن هناك قوى تنافر كبيرة تحافظ على الاليكترونات من إختراق بعضها البعض بدرجة كبيرة.

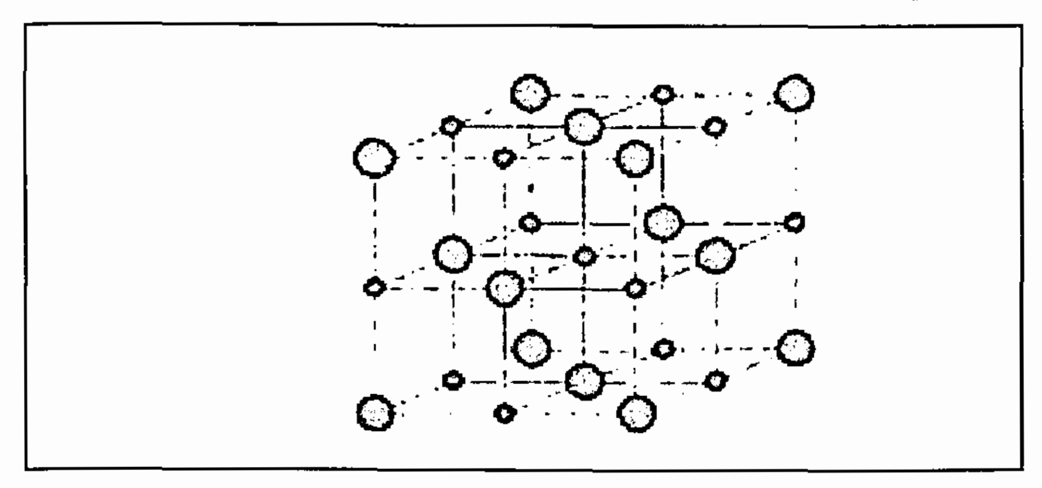
وتتميز الغازات بسرعتها على الإنتشار الكبير، بينما تنتشر معظم المواد الصلبة ببطء بحيث أن التغير يكون طفيفاً جداً.

إن المواد الصلبة تكون بلورات ذات أشكال هندسية ثابتة مميزة للمادة المعينة حيث تحاط البلورات بسطوح مستوية تسمى الأوجه.

ويمكن ايجاد تركيب المواد الصلبة باستخدام أشعة إكس (X - Ray diffraction). وغيرها من الأجهزة الحساسة.

الفراغات الشبكية Space Lattice

تتميز المواد الصلبة بالفراغات الشبكية Space Lattice وهو عبارة عن النموذج الذي يصف ترتيب الذرات والجزيئات في البلورة، ويوضح الشكل (7 - 2) النظام الشبكي لكلوريد الصوديوم، حيث أن كل بقعة تمثل مركز أحد الأيونات فالبقع السوداء الصغيرة تمثل مواقع أيونات الصوديوم الموجبة والبقع السوداء الكبيرة تمثل أيونات الكلور السالبة.



شكل (7 - 2) التركيب الشبكي لكلوريد الصوديوم

إن الفراغ الشبكي بالمعنى الدقيق، يهتم بالنقاط فقط. ولذا يجب أن تكون جميع النقاط في الفراغ الشبكي متماثلة وبهذا المعنى فإن كلوريد الصوديوم يمكن أن يمثل بفراغين شبكيين متقاطعين أحدهما يمثل مواقع أيونات الصوديوم والثاني مواقع أيونات الكلور.

الخلل في الحالة الصلبة (Solid - Slate Defects)

قد يحدث خلل في التركيب الشبكي للمواد الصلبة وهناك أنواع مهمة من هذا الخلل يعرف إحداها بالفراغات الشبكية (Lattice Vaccancies) وينتج عندما تكون بعض نقاط الفراغ الشبكي غير مشغولة. أما النوع الآخر فيعرف بالتخلل الشبكي (Lattice Inter-stitial) وينتج عندما تشغل الذرات مواقع بين نقاط الشبكية. إن معظم البلورات غير كاملة إلى درجة معينة وتحتوي على خلل شبكي.

وبالإضافة إلى الخلل الناتج من البناء غير الكامل فإن هناك خللاً ذا طبيعة كيميائية سببه وجود الشوائب الكيميائية ومثل هذه الشوائب تكون شديدة التأثير في تغيير خواص المواد، وإن الحكم في إدخال مثل هذه المواد يستخدم لإنتاج مواد جديدة لها مجموعة الخواص المفضلة، ومن الأمثلة على ذلك تزداد قابلية توصيل مادة كلوريد الصوديوم 1000مرة عند إضافة كمية أقل من 0.01 من مادة كلوريد الكالسيوم.

يمكن زيادة توصيل مادة الجرمانيوم بطلائها بذرات من المجموعة الثالثة يسمح بحركة الإلكترونات الضرورية على زيادة التوصيل الكهربائي.

ومثل هذه المواد تسمى أشباه الموصلات (Semi conductors) وذلك أن قابليتها للتوصيل قليلة وتزداد بزيادة درجة الحرارة وهي معاكسة لخواص الفلزات.

كما يوجد خلل في الحالة الصلبة وهو الإنحراف عن الكميات النسبية (Stiochiom-etry) أو تكوين مركبات لا نسبية (Non Stiochiometry) ومن الأمثلة على ذلك $T_i O_x, C_u S, M_n O_{1.95}$ $_{1.87}$ (حيث تتراوح × بين 0.85 - 1.18) ففي هذه المواد اللانسبية هناك بصورة عامة فراغات يمكن إشغالها بزيادة أو نقصان لأحد العناصر.

أنواع المواد الصلبة

تقسم المواد الصلبة إلى أربعة أقسام إعتماداً على الوحدات التي تشغل النقاط الشبكية وهذه الأنواع هي :

جزيئة، وأيونية، وتساهمية، وفلزية. ويبين الجدول (1- 2) أنواع المواد الصلبة وخواصها:

	جزيئية	أيونية
الوحدات الكيميائية في المواقع الشبكية	جزيئات أو ذرات	أيونات موجبة أو سالبة
القوى التي تحفظ المادة الصلبة متماسكة مع بعضها.	قوى «لندن»، ثنائي التطب- الروابط الهيدروجينية.	التجاذب الالكتروني بين الشحنات المختلفة.
بعض الخواص	ناعمة جداً، لها عامة درجات انصهار منخفضة، غير موصلة للكهرباء متطايرة.	قاسية، قصفة، ذات درجات انصهار مرتفعة، غير موصلة (ولكنها تقوم بالتوصيل عند انصهارها).
بعض الأمثلة	Co_2 (الجليد الجاف)، H_2O (الجليد) $C_{11}H_{22}O_{22}$ (السكر) 12 (اليود).	NaCl (ملح الطعام) CaCo2 (الحجر الجيري، طباشر).

	تساهمية	فلزية
الوحدات الكيميائية في المواقع الشبكية، القوى التي تحفظ المادة الصلبة متماسكة مع بعضها.	ذرات اليكترونات مشتركة	أيونات موجبة تجاذب الكتروستاتي بين أيونات موجبة والاليكترونات.
بعض الخواص	قاسية جداً، لها درجات انصهار عالية غير موصلة.	تتراوح بين قاسية وطرية، ودرجة الانصهار بين عالية ومنخفضة، شديدة اللمعان موصلة جيدة
بعض الأمثلة	Sic (كربورندم)، C (الماس) WC (كربيد التنغستن، ويستعمل في أدوات القطع).	Fe, Na, Hg, Cu

الحالة السائلة

تقع الحالة السائلة وسطاً بين الحالة الغازية حيث الفوضى الشديدة للذرات والجزيئات وبين المواد الصلبة ذات الترتيب الشديد للذرات أو الجزيئات.

ومن ميزات السوائل أنها غير قابلة للضغط ولا يحدث تغير كبير في حجم السائل عند تغير الضغط.

كما أن السوائل تحافظ على حجومها بغض النظر عن شكل أو حجم الإناء الذي يحتويه. وذلك لأن جزيئات السوائل متقاربة من بعضها وقوة التجاذب المشتركة بينها كبيرة ونتيجة لذلك فإنها تتجمع سوية.

والسوائل ليس لها شكل معين وإنما تأخذ شكل الإناء التي توضع فيه وتنتشر السوائل فيما بينها ببطء فعند إضافة قطرة من الحبر إلى الماء يلاحظ في البداية وجود حدود واضحة بين الماء وسحابة الحبر، ولكن ينتشر اللون خلال بقية السوائل. أما في الغازات فيكون الإنتشار أسرع من ذلك بكثير ذلك أن الطاقة الحركية لجزيئات الغاز تمكنها من الحركة من موضع لآخر بعكس جزيئات السوائل التي لا تتحرك لمسافات بعيدة قبل تصادمها. وإن كل جزيء من جزيئات السائل تنتقل من جهة إلى أخرى في الإناء الذي يحتويها بعد أن تعاني بلايين الإصطدامات أثناء إنتقالها . وفي الغازات فالعوائق التي تمنع الجزيئات من الإنتقال أقل من ذلك بسبب كون الغاز أساساً مكوناً من مجال فارغ لذلك فإن المسار الحر أطول بكثير مما ينتج عند إمتزاج جزيئات الغاز الواحد من جزيئات الغازات الأخرى. وتتبخر السوائل من الأواني المفتوحة.

على الرغم من وجود قوى التجاذب بين جزيئات السوائل التي تبقيها على شكل كتلة مجتمعة مع بعضها فمن الثابت أن الجزيئات لها القابلية على الهروب والجزيئات ذات الطاقة الحركية العالية التي تكفي للتغلب على قوى التجاذب تستطيع الهروب إلى الحالة الغازية.

المذيبات النقية والمحاليل

قد لا يكون السائل نقياً، بل مخلوطاً متجانساً من مادتين أو أكثر ندعوه باسم المحلول Solution. وقد اصطلح على أن المكون الأكبر، وهو سائل دائماً، مذيب Solvent. وأن المكون (أو المكونات) الأقل هو المذاب Solute. والمذاب قد يكون غازاً أو سائلاً أو صلباً، والمذاب الصلب قد يكون مادة متأينة أو جزيئية لا تتحول إلى أيونات، أو تعطي الأيونات بشكل محدود جداً فهناك أنواع مختلفة من المحاليل.

ووصف مادة بأنها مذيب قد يكون لاصقا بها حتى لو لم تكن المكون الأكبر في المحلول. فالماء لا يفقد هذا الوصف حتى لو كان المكون الأصغر في حامض الكبريتيك 70% أو اكثر.

ويوصف المحلول بأنه مركز Concentrated إذا كانت نسبة المذاب عالية نسبياً. كما يوصف بأنه مخفف Dilute إذا كانت نسبة المذاب منخفضة نسبياً. ولكن إذا كنا ندرس المحلول كمياً. فمن الضروري أن يحدد التركيز بطريقة ما.

وهناك عدد من الطرق لوصف التكوين الكمي للمحلول نذكر منها :

1- النسب المئوية الكتلية (%) = $\frac{\text{كتلة المذاب (غم)}}{\text{كتلة المحلول (غم)}} \times 100$

2- الكسر المولي Mole Fraction، ويقصد به نسبة عدد مولات مكون من مكونات المحلول إلى العدد الكلي للمولات. فإذا كان المحلول يحتوي على مكونين فقط، المذيب والمذاب، فإنه الكسر المولي للمذاب (أ)

$$\text{أ} = \frac{\text{مولات أ}}{\text{مولات أ + مولات ب}}$$

3- المولارية (الجزيئية) Molarity، وهي عدد مولات المذاب في ديسم^3 من المحلول.

$$\text{المولارية M (ج)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (ديسم}^3\text{)}}$$

4- المولالية Molality، وتعني عدد مولات المذاب في كيلو غرام من المذيب

$$\text{المولالية (m)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب (كغم)}}$$

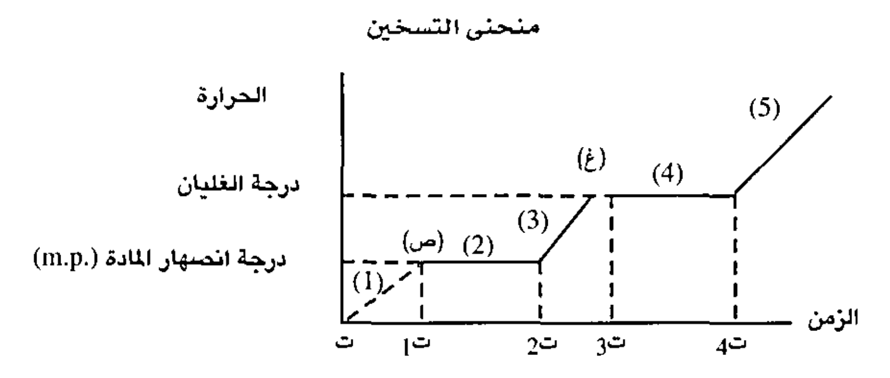
5- الأساسية (أو العيارية) Normality، ويقصد بها عدد مكافئات المذاب في ديسم^3 من المحلول. وهذه الطريقة في التعبير عن التركيز خاصة بحسابات الكميات في أنواع خاصة من التفاعلات الكيميائية مثل تفاعلات التعادل بين الأحماض والقواعد، أو تفاعلات التأكسد والإختزال. فالوزن المكافيء (أو المكافيء Equivalent) للمادة يعتمد على نوع التفاعل الذي تنخرط فيه. ففي تفاعلات التعادل يكون المكافيء ذلك الوزن الذي يسهم بمول من البروتونات أو يتقبل مولاً من البروتونات. وفي تفاعلات التأكسد والإختزال يكون المكافيء ذلك الوزن الذي يفقد (أو يكتسب) مولاً من الالكترونات.

تحولات المادة

كما ذكرنا في السابق تكون الجسيمات مرتبة في الحالة الصلبة بينما أقل ترتيباً في الحالة السائلة، أما في الحالة الغازية فتكون عديمة الترتيب، لذلك تعد تغيرات الحالة

كالذوبان والتبخر عمليتين غير مرتبتين، وما هو الاتصال بين الحالات التي تتصل بعضها ببعض وخصوصاً بالنسبة لتغير درجات الحرارة والطاقة.

وهنا يأتي ما يسمى بالثرموديناميكا الذي يبحث في ترتيب تغيرات الطاقة وتأثير درجة الحرارة جزء مهماً منها.



الشكل (8 - 2) منحنى التسخين

يوضح الشكل (8 - 2) التغير عند درجات الحرارة التي تصاحب تغيرات الحالة، فإذا بدأنا عن درجة الحرارة ت (درجة الحرارة صفر مطلق)، عندما تزداد درجة الحرارة يتذبذب كل جسيم إلى الأمام وإلى الخلف حول نقطة الشبكية (Lattice point) التي هي محور هذه الحركة، وكلما إزدادت درجة الحرارة يصبح التذبذب أكبر. وبالتالي فإ البلورة تصبح تدريجاً أقل ترتيباً بدرجة بسيطة حيث أن الحرارة المضافة تعمل على زيادة الحركة (الطاقة الحركية) للجسيمات. وبما أن درجة الحرارة تعد كمقياس لمعدل الطاقة الحركية لذلك يلاحظ إرتفاع درجات الحرارة على طول الجزء (1) من ت إلى ت1 ويستمر هذا الإرتفاع حتى يصل إلى درجة إنصهار المادة. عند نقطة الإنصهار (ص).

يكون تذبذب الجسيمات قوياً جداً بحيث أن أي حرارة مضافة تعمل على إضعاف القوة الرابطة بين الجسيمات المتجاورة وبناء عليه فإن الحرارة المضافة على طول الجزء (2) من ت1 إلى ت2 لا تزيد من معدل الطاقة الحركية ولكنها تؤدي إلى زيادة الطاقة الكامنة للجسيمات.

وتزداد الطاقة الكامنة بسبب إنجاز شغل ضد قوى التجاذب، وخلال هذه الفترة لا يحدث تغيير في معدل الطاقة الحركية ولهذا تبقى درجة حرارة المادة ثابتة. ويلاحظ من الزمن ت1 إلى ت2 أن كمية المادة الصلبة تقل تدريجياً بينما تزداد كمية المادة السائلة وإن كمية المادة الصلبة تقل. (ودرجة الحرارة التي توجد بها المادة على شكل سائل وصلب)

تسمى درجة الإنصهار (Melting Point) لتلك المادة. وتثبت درجة الحرارة حتى تتحول جميع المادة إلى سائلة.

وتستخدم عدة أجهزة لقياس درجة إنصهار المادة منها الأجهزة الالكترونية والأجهزة البسيطة وغيرها.

عند الزمن : (ت2) تكون كمية الحرارة المضافة كافية لتحطيم جميع البنية البلورية، وعلى طول الجزء (3) من $ت_2$ إلى $ت_3$.

المنطقة : (3) تعمل الحرارة المضافة على زيادة معدل الطاقة الحركية لجسيمات السائل، وبذلك تزداد درجة الحرارة ويستمر ذلك حتى الوصول إلى درجة الغليان. درجة الغليان: (غ).

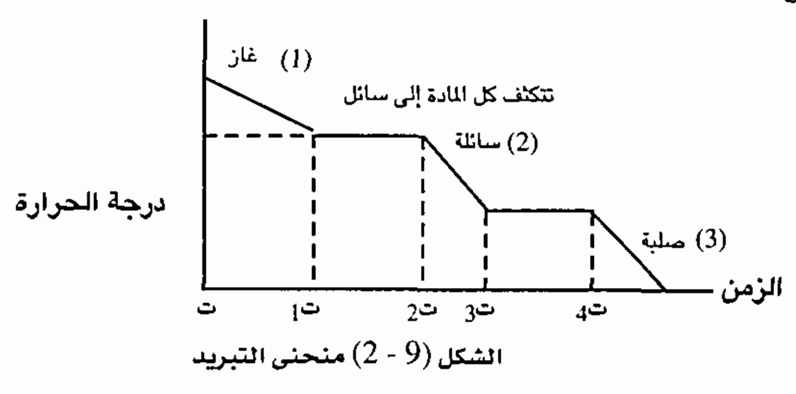
تستخدم الحرارة المضافة للتغلب على جذب الجزيئة الواحدة لما يجاورها من جزيئات السائل.

وعلى طول الجزء 4 تزداد الطاقة الكامنة للجسيمات ولكن لا يحدث أي تغيير في معدل طاقتها الحركية.

ومن الزمن $ت_3$ إلى $ت_4$ يتحول السائل إلى غاز. وأخيراً بعد أن يتحول كل السائل إلى غاز تعمل الحرارة المضافة على زيادة الطاقة الحركية للجسيمات وبذلك تزداد درجة الحرارة كما هو موضح في الجزء (5) من الشكل (7 - 1).

منحنى التبريد

تنتج عندما تتسرب الحرارة من المادة بسرعة منتظمة.



الشكل (9 - 2) منحنى التبريد

وفي حالة المادة النقية التي تكون في البداية على شكل غاز، حيث تمثل الحرارة حالة الزمن كما في الشكل (9 - 2).

فكلما قلت حرارة الغاز إنخفضت درجة الحرارة على طول الخط (1) (غاز) وخلال هذا الوقت وعلى إمتداد الخط (1) يجب أن يقل معدل الطاقة الحركية لجسيمات الغاز بإنتظام حتى يعوض عن نقصان الطاقة المتسربة إلى الخارج، ويستمر هذا النقصان إلى أن تصبح الجسيمات بطيئة جداً بحيث أن قوى التجاذب تصبح هي السائدة.

وعند ت$_1$ تبدأ الجسيمات بالإندفاع لتكون سائلاً وفي عملية الإسالة تترك الجسيمات الحالة الغازية وتدخل إلى الحالة السائلة. (وبما أن عملية التحول من الحالة السائلة إلى الغازية تحتاج إلى طاقة). لذا فإن العملية المعاكسة التي تتضمن إنتقال الجسيمات من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة هي عملية تحرر للطاقة. وهذا النقصان في الطاقة الكامنة عند التكثيف يعطي حرارة تعوض عن الحرارة المفقودة من النظام. وباستمرار عملية الإسالة لا تنخفض درجة الحرارة وكذلك لا تقل حركة الجسيمات. ونتيجة لذلك يكون الغاز والسائل عند نفس درجة الحرارة كما أن معدل الطاقة الحركية في كلتا الحالتين متساوياً وتبقى درجة الحرارة ثابتة عند ت$_1$ (درجة حرارة الإسالة أو التكثيف).

من ت$_1$ إلى ت$_2$: تتكثف كل جزيئات الغاز وتتحول إلى الحالة السائلة، وتسبب إزاحة كمية أكبر من الطاقة من النظام إلى إبطاء حركة الجسيمات ، وكلما قل معدل الطاقة الحركية كلما انخفضت درجة الحرارة كما هو مبين على طول الخط (2).

من ت$_2$ إلى ت$_3$: يتم إبطاء حركة الجسيمات وتقل معدل الطاقة الحركية كلما انخفضت درجة الحرارة. عند ت$_2$: يبدأ السائل بالتحول إلى الحالة الصلبة.

من ت$_3$ – ت$_4$ تحدث عملية التبلور : حيث تترتب الجسيمات في نموذج متماثل معين كما تبدأ حرية الجسيمات بالتلاشي عند التحول من الحالة السائلة إلى حالة الصلبة. ويبقى معدل الطاقة الحركية للجسيم ثابتاً خلال عملية التبلور. وعند درجة حرارة التبلور (Tυ) تكون حركة الجسيمات في الحالة الصلبة محدودة أكثر مما هي عليه في الحالة السائلة وتبقى درجة الحرارة ثابتة من ت$_3$ إلى ت$_4$ أي عندما يتحول السائل إلى صلب.

وعندما تتبلور جميع الجسيمات فإن أية إزالة أخرى للحرارة تخفض من درجة الحرارة كما في الشكل (8 - 1) على طول الخط (3).

ملاحظات عامة عن منحنيات الحرارة

1- منحنى التبريد معاكس لمنحنى الحرارة بالضبط.

2- درجة الحرارة التي يتحول عندها الغاز إلى سائل (درجة الإسالة). هي نفس درجة الحرارة التي يتحول عندها السائل إلى غاز (درجة الغليان).

3- الحرارة التي يتحول عندها السائل إلى صلب (درجة الإنجماد) هي درجة الحرارة التي يتحول عندها الصلب إلى سائل (درجة الذوبان).

4- معظم منحنيات التبريد ليست سهلة تماماً على غرار الشكلين (8 - 2 و 9 - 2).

خواص المادة

ويقصد بها الخواص العامة التي تساعد على تمييز المواد بعضها عن بعض. وتقسم هذه الخواص إلى قسمين الخواص الكمية، وهي الخواص التي تعتمد على كمية المادة مثل الكتلة والحجم وغيرها، والخواص التركيزية وهذه لا تعتمد على كمية المادة بل على تركيز الخاصية المعينة، مثل درجة الحرارة، ودرجة الإنصهار، ودرجة الغليان، والكثافة وغيرها.

وهناك خواص أخرى للمادة مثل الخواص الكيميائية والخواص الفيزيائية فالخواص الفيزيائية هي تلك الخواص التي يمكن تحديدها دون الرجوع إلى أية مادة أخرى، ومثال ذلك درجة الإنصهار، ودرجة الغليان.

أما الخواص الكيميائية فترتبط بتفاعل المادة مع المواد الأخرى أو مع نفسها. وفيما يلي تفصيل لبعض هذه الخواص.

الكثافة

تعرف بأنها النسبة بين كتلة الجسم إلى حجمه. فالماء مثلاً كثافته 1 غم / سم^3. وهذا يعني أنه إذا كان لدينا 1 غم من الماء فإنه يشغل حجماً قدره 1 سم^3. وإذا كان لدينا 20 غم من الماء فإنها تشغل أيضاً حيزاً قدره 20 سم^3. لذا فالكثافة خاصية لا تعتمد على حجم العينة، وعندما تسخن مادة أو تبرد فإن حجمها يتمدد أو ينكمش وهذا يعني أن كثافتها أيضاً تتغير. لذلك يجب تحديد درجة الحرارة عند تسجيل الكثافة لأغراض العمل الدقيق. فكثافة الماء عند درجة 25°م تساوي 0.09970 غم / سم^3 بينما تساوي 0.9956 غم / سم^3 عند درجة حرارة 35°م.

مما ذكر سابقاً نستطيع القول بأن الكثافة تحسب كنسبة بين خاصتين شاملتين هما الكتلة والحجم.

الوزن النوعي

وهذه الخاصية ذات علاقة وثيقة بالكثافة. أو الكثافة النسبية والتي تعرف بالنسبة بين كثافة المادة وكثافة مادة توخذ كمرجع مثل الماء.

وفائدتها أنها تسمح لنا بحساب كثافة المادة بوحدات متنوعة، وذلك بضرب وزنها

النوعي في كثافة الماء. والمتعارف عليه الآن هو : أن الوزن النوعي أو الكثافة النسبية تحدد بالعلاقة التالية :

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}}$$

ويمتاز الوزن النوعي عن الكثافة بأنه بلا وحدة.

التسامي Sublimation

إن ظاهرة تبخر السوائل ظاهرة يشاهدها الجميع ، لكن باستطاعة المواد الصلبة أيضاً أن تتبخر، رغم أن معظمها التي نواجهها تحت ظروف عادية لا يبدو أنها تختفي بسرعة. ومن الأمثلة عليها الجليد الجاف (ثاني أكسيد الكربون في الحالة الصلبة) ويدعى بالجليد الجاف لأن المادة الصلبة لا تنصهر، ولكنها وببساطة تتبخر، أيضاً بلورات النافثالين (رقاقات العث) التي توجد في الدرج أو شنطة الملابس فإنها تتبخر أيضاً وهي عبارة عن حبيبات لونها أبيض توضع مع الملابس في فصل الشتاء لمنع التعفن، تقوم بالقضاء على الجهاز العصبي للعفن وبالتالي تمنع نموه.

وتدعى ظاهرة التحول المباشر للمواد من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية بدون انصهارها بالتسامي. مثل ثاني أكسيد الكربون الصلب والنافثالين حيث تتساميان تحت الضغط الجوي.

التوتر السطحي Surface Tension

يتحرك كل جزيء في سائل تحت تأثير جيرانه دوماً، والجزيء السائل محاط تماماً بجزيئات أخرى ينجذب نحوها. والجزيء الواقع عند السطح غير محاط تماماً، ويشعر بتجاذب من جزيئات تقع تحته أو من حوله. وبالتالي فالجزيئات الواقعة على السطح تشعر بمحصلة جذب بإتجاه داخل السائل.وحتى يتمكن جزيء من الوصول إلى السطح، يتوجب عليه التغلب على هذا التجاذب وبالتالي فإن طاقته الكامنة يجب أن تزداد أي بذل شغل لسحبه نحو السطح، لذلك فإن توسيع سطح السائل يتطلب تزويده بالطاقة، كمية الطاقة اللازمة هي التوتر السطحي للسائل.

تعد الحالة الأدنى طاقة (الأكثر ثباتاً لحجم معين من سائل هي عندما تكون مساحة سطحه عند حدها الأدنى، إذ أن هذا يعطي أقل عدد من جزيئات السطح ذات الطاقة العالية. والشكل الذي يفي بهذا الشرط هو الكرة وهذا هو سبب كون قطرات المطر كروية تقريباً.

وتحاول كافة السوائل الوصول إلى تحقيق حد أدنى لمساحات سطوحها، وتميل نحو الأشكال الكروية ما أمكن، ويعتمد مقدار التوتر السطحي لسائل على شدة قوى التجاذب بين جزيئاته. فعندما تكون قوى التجاذب ضخمة، يكون التوتر السطحي ضخماً.

كما يعتمد التوتر السطحي على درجة حرارة السائل فزيادة درجة الحرارة (التي تزيد من الطاقة الحركية للجزيئات المنفردة) تنقص من أثر قوى التجاذب بين الجزيئات وهكذا ينقص التوتر السطحي بارتفاع درجة الحرارة.

خصائص أخرى :

كما تتصف المادة بكثير من الخواص منها، جاذبية التماسك، وجاذبية التلاصق، وقابليتها للطرق والسحب، والمرونة.

الخلاصة

في هذا الفصل تمت دراسة حالات المادة وتحولاتها وأشكالها، حيث تمت مناقشة القوانين والعلاقات المتعلقة بالغازات كقانون بويل وشارل وأفوجادرو والقانون العام للغازات، كما تمت مناقشة الحالة السائلة وخواصها وطرق تحضير المحاليل، بالإضافة إلى مناقشة الحالة الصلبة والبلورات والخلل الشبكي. إضافة إلى دراسة منحنى التبريد ومنحنى التسخين، بالإضافة إلى بعض الخواص كالتوتر السطحي والتسامي وغيرها.

وسيبحث في الوحدة اللاحقة بعض المفاهيم الفيزيائية، كالحركة والطاقة والشغل، والكهرباء والمغناطيسية، والصوت، والضوء.

أسئلة وتمارين

1- وضح مع الرسم نص قانون بويل.

2- وضح كيف يمكن اشتقاق المعادلة العامة للغازات.

3- وضح المقصود بالمفاهيم التالية :

أ- الغاز المثالي.

ب- قانون انتشار الغازات.

جـ- حركة براون.

د- الفراغات الشبكية.

هـ- الخلل في الحالة الصلبة.

و- أشباه الموصلات.

4- كيف يمكن تقسيم المواد الصلبة موضحاً إجابتك بجدول يوضح أنواعها.

5- قام أحد الفنيين بوزن 5 غم من مادة هيدروكسيد الصوديوم وأذابها في (1) لتر من الماء. إذا علمت أن الوزن الذري لهيدروكسيد الصوديوم يساوي (40) فاحسب :

أ- النسبة المئوية الكتلية للمحلول.

ب- المولات الجزيئية للمحلول.

جـ- أساسية المحلول.

6- وضح أوجه الشبه بين منحنى التبريد ومنحنى التسخين.

7- تتبع مع الرسم تحول مادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية.

8- ارسم جدولاً توضح فيه الفرق بين الحالة الصلبة، والحالة الغازية والحالة السائلة.

الفصل الثالث
الكيمياء العضوية

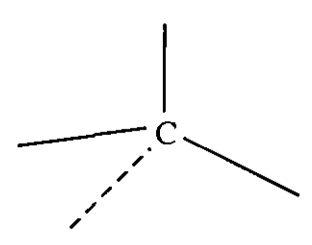
تعود معرفة الانسان بالكيمياء العضوية الى قرون عديدة عندما استخلص المواد من النباتات والحيوانات وبرع في صناعة الصابون من الزيوت والشحوم واستخلاص العطور والعقاقير من النباتات.

وقد تبين للانسان ان المواد المستخلصة من اصول نباتية او حيوانية اقل تحملاً للحرارة من المواد المستخلصة من اصول معدنية. واصبح سائداً ان هذه المواد لا تصنع الا في جسم الكائن الحي Organism ولذلك عرفت مثل هذه المركبات بالمركبات العضوية.

ومن امثلة هذه المركبات: البروتينات، والفيتامينات والكربوهيدرات والدهون التي تحتوي عليها الاغذية النباتية والحياونية. بعد ذلك عرفت الكيمياء العضوية على انها ذلك الفرع من الكيمياء الذي يهتم بدراسة المركبات التي تحتوي على الكربون. الا انه يوجد الكثير من المواد التي تحتوي على الكربون وتصنف على انها مركبات غير عضوية. فمثلاً، الكربيدات والسيانيدات هي مركبات تحتوي الكربون الا انها مركبات غير عضوية وتقاوم الحرارة نسبياً مقارنة بالمواد العضوية. لذا اصبح التعريف الاكثر شمولية للكيمياء العضوية على انها كيمياء المركبات التي تحتوي ذرات الكربون والهيدروجين بالاضافة الى ذرات من بعض العناصر الاخرى مثل الاوكسجين والنيتروجين والكبريت.

الكربون هو احد عناصر الدورة الثانية في الجدول الدوري ويحتوي على اربعة الكترونات في مدار التكافؤ. وكما في كل اللافلزات، يحتاج الكربون الى ثمانية الكترونات ليكتمل المدار الاخير فيه ويحقق قاعدة الثمانية. لذلك فان الكربون يستطيع تشكيل اربعة روابط مع الذرات الاخرى، في كل رابطة من هذه الروابط تساهم ذرة الكربون بالكترون واحد والذرة المرتبطة مع الكربون بالالكترون الآخر لتشكيل رابطة تساهمية.

وبهذا يتكون حول ذرة الكربون اربعة روابط تساهمية وأبسط المركبات العضوية هو الذي يحتوي على ذرة كربون واحدة وهو الميثان الذي تكون فيه ذرة الكربون محاطة بأربعة ذرات من الهيدروجين لتعطي شكل رباعي الأوجه منتظم.



هناك ما يزيد على خمسة ملايين مركب عضوي معروف، وهذا العدد مرشح للزيادة اذ ان الباحثين يحضرون يومياً الكثير من المركبات العضوية. فهناك مركبات يتكون منها الشعر والجلد والأظافر وهناك مركبات مشتقة من مكونات البترول او مستخلصة من النباتات ومركبات صناعية اخرى مثل البلاستيك او المطاط، والملابس والاصباغ والأدوية.

ويعد البترول المصدر الاول والاهم في وقتنا الحاضر للحصول على المركبات العضوية في حين كان قبل ذلك الفحم والشحوم والزيوت هي المصادر الرئيسية.

ويعود هذا الكم الهائل من مركبات الكيمياء العضوية الى الخصائص الهامة التي تميز ذرات الكربون. ومن هذه الخصائص مقدرة الكربون على تشكيل روابط احادية او ثنائية او ثلاثية مع نفسه ليشكل سلاسل طويلة وحلقات ليؤدي الى تنوع كبير في الخصائص الكيميائية والفيزيائية. ومن اجل تسهيل دراسة هذه المركبات بشكل منظم قام العلماء بتصنيفها حسب طريقة ارتباط ذرات الكربون مع نفسها او مع الذرات الاخرى الى مجموعات مختلفة سنأتي على بعض منها في هذا الفصل.

خصائص المركبات العضوية

هناك العديد من المركبات العضوية وغير العضوية نتعامل معها في حياتنا اليومية. ومن المواد العضوية شائعة الاستخدام الكيروسين، بنزين السيارات، الزيت، النفثالين، السكر وغيرها. اما المركبات غير العضوية نذكر منها ملح الطعام وكربونات الصوديوم. وبمقارنة خصائص هذه المركبات فانه يمكن استنتاج الخصائص التالية للمركبات العضوية:

1- تحترق المركبات العضوية بدرجات حرارة منخفضة نسبياً كما ان بعضها يكون موجود بشكل سائل او غاز في الظروف العادية

2- تتفحم المركبات العضوية عند حرقها واذا حُرقت بوجود كميات كافية من الاوكسجين تتحول الى غازات اهمها غاز ثاني اوكسيد الكربون.

3- المركبات العضوية غير متأنية في الغالب لذلك فهي غير موصلة للتيار الكهربائي.

4- لا تذوب معظم المركبات العضوية في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية مثل الاثير والاسيتون والبنزين.

تصنيف المركبات العضوية

يعتمد تصنيف المركبات العضوية على طريقة الترابط بين ذرات الكربون فيما بينها او مع الذرات الاخرى. وعلى هذا الاساس فانه يمكن تقسيم المركبات العضوية الى

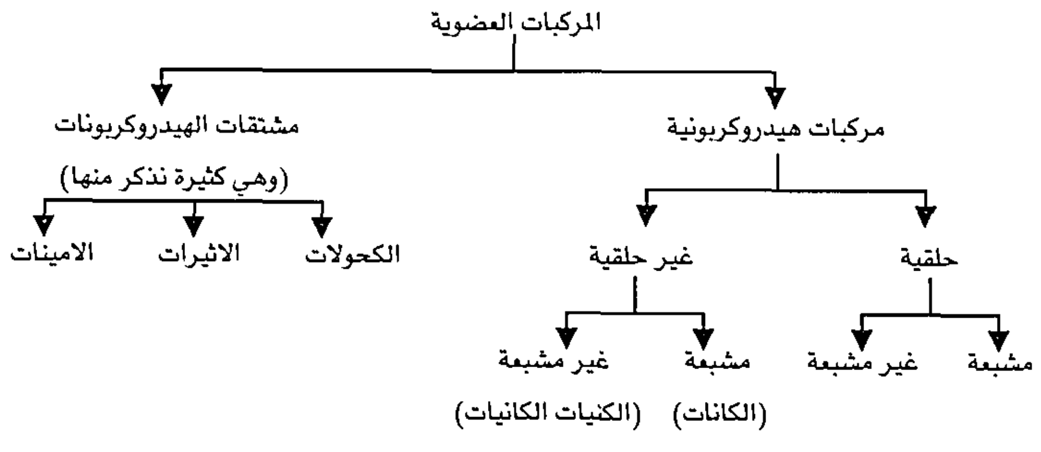
مجموعات مختلفة. وفي هذا الفصل سنلقي نظرة عامة على عدد من هذه المجموعات وعلى بعض تفاعلات هذه المجموعات.وتقسم المركبات العضوية بشكل عام الى قسمين:

(1) المركبات الهيدروكربونية:

وهي المركبات المكونة من الهيدروجين والكربون فقط وتضم هذه مجموعات فرعية اخرى مشبعة وغير مشبعة وحلقية وعطرية. والشكل (1-3) يوضح كيفية تصنيف المركبات العضوية بشكل عام. وقد اعتبرت هذه المركبات قاعدة لتسمية المركبات العضوية واعتبرت ايضاً اساساً تشتق منه الاصناف الاخرى.

(2) مشتقات المركبات الهيدروكربونية

وهي المركبات التي تتكون بارتباط ذرات اخرى مثل الاوكسجين، النيتروجين، الكبريت وغيرها مع الكربون والهيدروجين، ومن هذه المجموعات الكحولات، الاثيرات، الايسترات، ... الخ. (شكل (1-3).



شكل (1-3): تصنيف المركبات العضوية

الهيدروكربونات المشبعة

وهي عبارة عن مجموعة الهيدروكربونات التي تكون فيها ذرات الكربون مرتبطة بعضها مع بعض بروابط مفردة. وهناك نوعين من الهيدروكربونات المشبعة:

(1) **الالكانات:** وهي مركبات هيدروكربونية غير حلقية وابسط هذه المركبات هي التي تكون فيها السلاسل الكربونية مستقيمة وغير متفرعة وتسمى بالالكانات العادية. واذا تفرعت السلاسل الكربونية فانها تصبح اكثر تعقيداً. والصيغة العامة للألكانات هي C_nH_{2n+2}.

ويبين الجدول (   ) المركبات العشرة الاولى من الالكانات المستقيمة مرتبة حسب تزايد عدد ذرات الكربون فيها.

الجدول (   ): المركبات العشرة الاوائل من مجموعة الالكانات المستقيمة

عدد ذرات الكربون	اسم الألكان	الصيغة	درجة الغليان (°C)
1	ميثان	CH_4	-160
2	ايثان	C_2H_6	-89
3	بروبان	C_3H_8	-44
4	بيوتان	C_4H_{10}	-0.5
5	نبتان	C_5H_{12}	36
6	هكسان	C_6H_{14}	68
7	هبتان	C_7H_{16}	98
8	اوكتان	C_8H_{18}	125
9	نوفان	C_9H_{20}	157
10	ديكان	$C_{10}H_{22}$	174

وكما اسلفنا، فان هذه الاسماء مهمة في تسمية المركبات الاخرى حيث انها تشير الى عدد ذرات الكربون المستقيمة في المركب. وتسمى الالكانات باضافة المقطع، ان، الى جذر المقطع اللاتيني الذي يشير الى عدد ذرات الكربون. فمثلاً اذا كان عدد ذرات الكربون يساوي ثلاثة فهذا يعني بروب وباضافة المقطع "ان" يصبح اسم المركب بروبان. واذا ما تفرعت هذه المركبات فان تسميتها تصبح اكثر صعوبة. وهناك قواعد عامة اصدرها الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) لتسمية المركبات العضوية. ويمكن تلخيص بض من هذه القواعد فيما يلي:

1- ايجاد اطول سلسلة من ذرات الكربون في المركب.

2- تسمى السلسلة بالاسم الذي يشير الى عدد ذرات الكربون.

3- نعطي رقماً لمكانات التفرع (نستخدم اقل الارقام الممكنة).

4- نسمي التفرع بالاشتقاق من اسماء الالكانات.

وفيما يلي بعض الامثلة التوضيحية:

$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

نبتان

(لا يوجد تفرع)

$$\begin{array}{l} \quad CH_3 \\ \quad\ | \\ CH_3CHCH_2CH_3 \\ 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \end{array}$$

- اطول سلسلة هي I ذرات كربون
- مكان التفرع
- اسم الفرع ميثل (مشتق من ميثان)

وبهذا يكون اسم المركب C ميشيل بيوتان.

$$\begin{array}{l} \qquad\qquad C_2H_5 \\ \qquad\qquad\ | \\ CH_3CH_2CHCH_2CH_2CH_3 \\ 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \end{array}$$

- اطول سلسلة هي ، ذرات
- مكان التفرع: 3 وليس 4
- اسم الفرع: اثيل

وبهذا يكون اسم المركب 3- اثيل هكسان

$$\begin{array}{l} \quad CH_3 \\ \quad\ | \\ CH_3-C-CH_3 \\ 1 \quad | 2 \quad 3 \\ \quad CH_3 \end{array}$$

- اطول سلسلة هي 3 ذرات
- مكان التفرع: 2 (مرتين)
- اسم الفرع: ميثيل

22 ثنائي ميثيل بروبان

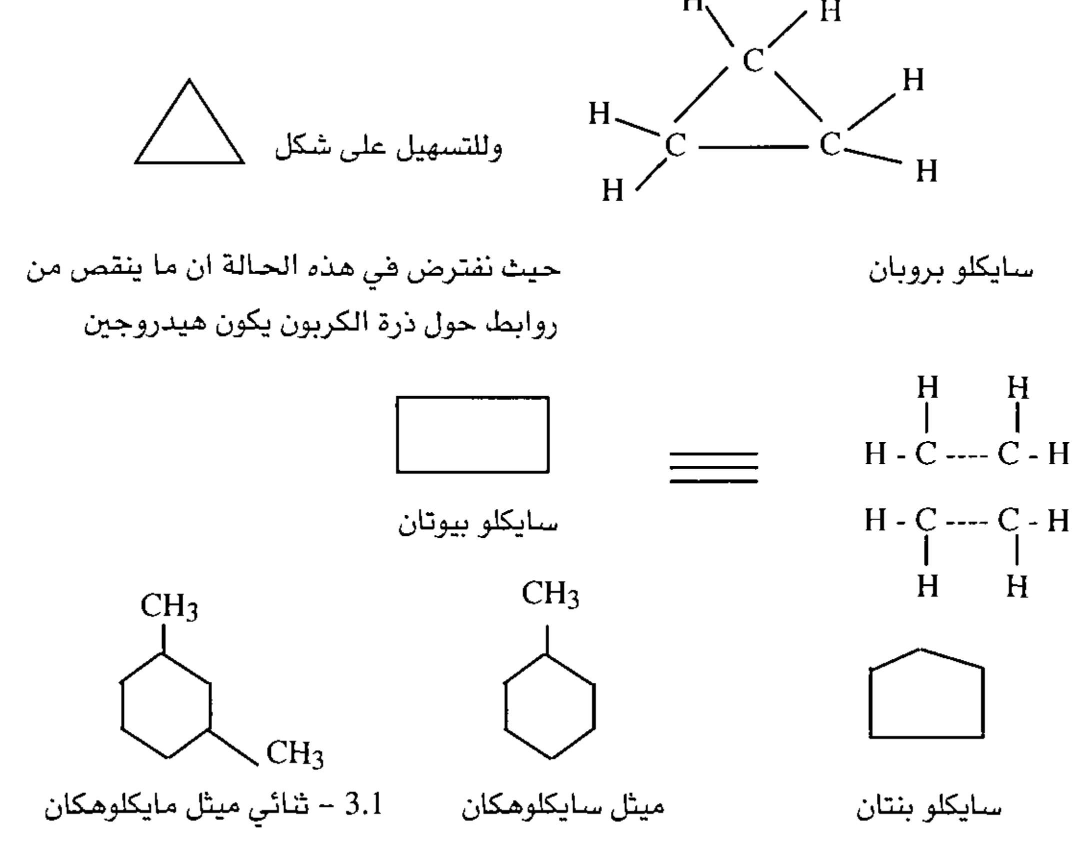
$$\begin{array}{l} \qquad\quad 2 \\ CH_3-CH_2 \\ 1 \qquad | \\ \qquad CH_3 \\ \qquad\quad 3 \end{array}$$

لا يوجد تفرع (بروبان)

وكما نلاحظ في الجدول فان درجة الغليان للالكانات تزداد كلما زاد طول السلسلة الكربونية في حين يؤدي التفرع الى انخفاض درجة الغليان. فمثلاً تبلغ درجة الغليان للمركب 2.2 - ثنائي ميثيل بروبان (5 خمسة ذرات كربون) 9.5 درجة مئوية ولكن درجة غليان البنتان تبلغ 36 درجة مئوية.

(2) **الالكانات الحلقية**: وهي عبارة عن هيدروكربونات مشبعة مرتبطة ذراتها بشكل حلقي حيث تفقد ذرتين من الهيدروجين لتشكيل الحلقة لذلك فهي تأخذ الصيغة العامة C_nH_{2n}. وتشبه الالكانات الحلقية الالكانات المفتوحة من حيث الخواص الفيزيائية. اما بالنسبة للخواص الكيميائية فهي تشبه الالكانات المفتوحة في عدم نشاطها فيما عدا

المركبات الحلقية التي تتكون من ثلاث او اربع ذرات كربون فانها نشيطة كيميائياً وهذا يرجع الى توتر الزاوية لهذين المركبين. وفيما يلي بعض من الالكانات الحلقية.



طرق تحضير الالكانات

يعتبر البترول والغاز الطبيعي هو المصدر الأهم للحصول على الالكانات وخصوصاً الصغيرة منها (C_1-C_5) حيث نحصل على هذه المركبات من عمليات التقطير المجزأ للبترول ويمكن وصف نواتج عملية التقطير هذه على النحو المبين في الجدول (2-3) الا انه يصبح من الصعب الحصول على الالكانات الكبيرة بصورة نقية بنفس الطريقة لذلك يتم تحضير هذه المركبات كيميائياً في المختبر ومن طرق تحضير هذه المركبات نذكر:

جدول (2-3): اجزاء تكرير البترول

الناتج	درجة الحرارة	عدد ذرات الكربون	الاستخدام
غاز	تحت 20°	C4 - C1	الغاز المنزلي. وقود صناعي، مادة
سائل متطاير			اولية لكثير من الصناعات
غازولين	100-20	C7 - C5	مذيبات وقود سيارات صغيرة
كيروسين	200-40	C10 - C5	وقود منزلي، وقود طائرات
زيوت	325-175	C18 - C12	وقود سيارات الديزل وللتدفئة
زيوت غير متطايرة	400-250	أكثر من C12	زيوت معدنية، زيوت تشحيم، شمع،
ومواد صلبة		أكثر من C20	اسفلت

(1) هدرجة الالكينات

$$>C=C< \xrightarrow[\text{ضغط}]{H_2/Pt} -\overset{|}{\underset{H}{C}}-\overset{|}{\underset{H}{C}}-$$

الكان

$$CH_3CH_2CH=CHCH_3 \xrightarrow[\text{ضغط}]{H_2/Pt} CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$$

بنتين ضغط بنتان

(2) تفاعل فورتز

وتستخدم هذه الطريقة لتحضير الكانات متماثلة ولا يمكن تحضير الكانات غير متماثلة بهذه الطريقة.

$$2\,R-X + 2\,Na \longrightarrow R-R + 2NaCl$$

الكان

حيث x هي احد الهالوجينات (غالباً Cl – او Br–)

و R هي اختصار لمجموعة الكيل.

$$2CH_3CH_2CH_2=Br \xrightarrow{2Na} CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$$

هكسان

وهناك طريقة لانتاج الالكانات غير المتماثلة

$$R_3\,CuLi + R \xrightarrow{ether} R-R- + R\text{-}cu + Lix$$

الكان

$$(CH_3CH_2)_2CuL: + CH_3CH_2CH_2Br \longrightarrow CH_3CH_2\text{-}CH_2CH_2CH_3$$

تفاعلات الالكانات

1. هلجنة الالكان

يتفاعل البروم والكلور في وجود الضوء او الحرارة مع الالكانات ليعطي بروميد او كلوريد الالكيل على التوالي. وتتم عملية بروفة او كلورة الالكانات عن طريق الاستبدال بالجذور الحرة (يعرف الجذر الحر على انه اي ذرة او مجموعة تحمل الكتروناً منفرداً). وغالباً ما تستمر عملية الهلجنة لتعطي مزيجاً من المركبات كما هو موضح بالمعادلات التالية:

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow[\text{او حرارة}]{h2\ (\text{ضوء})} CH_3\,Cl + HCl$$

$$\downarrow \quad Cl_2 / h_2)$$

$$Ch_2Cl_2 + HCl$$

$$\downarrow$$

ويكون الناتج مزيج من CH_3Cl , Cu_2Cl_2, $CHCl_3CCl_4$

ويمكن فصل مكونات هذا المزيج بالتقطير

2. تفاعل الاكسدة (الاحتراق)

تتفاعل الالكانات مع الاوكسجين لتعطي ثاني اوكسيد الكربون وماء ويتحرر كميات كبيرة من الطاقة. لذلك تستخدم الالكان كوقود.

$$CH_3CH_2CH_3 + 50_2 \longrightarrow 3Co2 + H_2O \quad + \text{طاقة}$$

الهيدروكربونات غير المشبعة

وتقسم الهيدروكربونات غير المشبعة الى قسمين الالكينات وهي التي تحتوي على رابطة كربون – كربون مزدوجة واحدة على الاقل والالكينات التي تحتوي على رابطة كربون – كربون ثلاثية واحدة على الاقل.

والصيغة العامة للالكينات هي: CnH_{2n} أما للألكانيات فهي CnH_{2n-2}. وتسمى الالكينات يتحول اسم الكان الى الكين اما الالكانيات فتسمى بتحويل الكان الى الكاين. وتنطبق القواعد التي ذكرت سابقاً لتسمية الالكانات على هذه المركبات الا انه يجب مراعاة انه عند ترقيم ذرات الكربون فان الاولوية تعطي للرابطة الثنائية او الثلاثية ونبدأ الترقيم دائماً من الطرف الذي يعطي اقل الارقام، وفيما يلي بعض الأمثلة:

$$CH_2 = CH - CH_3$$

بروبين

$$\overset{1}{C}H_3 - \overset{2}{C}H = \overset{3}{C}H - \overset{4}{C}H_3$$

2- بيوتين

$$\overset{1}{C}H_2 = \overset{2}{C}H - \overset{3}{C}H(CH_3) - \overset{4}{C}H_3$$

3- ميثيل -1- بيوتين

$$\overset{1}{C}H_2 = \overset{2}{C}H - \overset{3}{C}H_2 - \overset{4}{C}H_2\ CH_3$$

1- بنتين

$$CH \equiv C - CH_2CH_3$$

بيوتاين

$$\overset{7}{C}H_3 - \overset{6}{C}H_2\ \overset{5}{C}H(CH3) - \underset{4}{C}H_2 - \underset{3}{C} = \underset{2}{C} - \underset{1}{C}H_3$$

5- ميثيل -2- هبتاين

سايكلو هكسين

3- ميثل سايكونتين

وتتشابه الخواص الفيزيائية للألكينات مع الالكانات وذلك لكونها مثل الالكانات مركبات غير مستقطبة فهي غير ذائبة في الماء ولكنها تذوب في المذيبات غير القطبية مثل البنزين ورباعي كلوريد الكربون. كما ان لها درجات غليان مقاربة للألكانات المطابقة، وتزداد درجة غليان هذه المركبات بازدياد الوزن الجزئي. وتشبه الالكانيات في الخواص الالكينات من ناحية درجة الغليان والذائبية.

طرق تحضير الالكينات

1- انتزاع هاليد الهيدروجين من هاليد الألكيل

يستخدم هيدروكسيد البوتاسيوم المذاب في الكحول الايكي لانتزاع هاليد الهيدروجين من هاليد الالكيل.

$$-\underset{H}{\overset{|}{C}} - \underset{X}{\overset{|}{C}} - \xrightarrow{KOH / C_2H_50H} \ \rangle C = C\langle + KX + H_2O$$

$$X = Cl , Br , I$$

وتتوقف الفاعلية على طبيعة كل من مجموعة الالكيل والهاليد ويكون تتابع الفاعلية كما يلي:

$$R - Cl < R - Br < R - I$$

وكذلك

$$\underset{\text{هاليدات } 1^\circ}{H - \overset{R}{\underset{H}{C}} - X} < \underset{\text{هاليدات } 2^\circ}{R - \overset{R}{\underset{H}{C}} - X} < \underset{\text{هاليدات } 3^\circ}{R - \overset{R}{\underset{R}{C}} - X}$$

واذا كان هناك اكثر من احتمال للناتج فان قاعدة ستيزف تستخدم لتحديد الناتج الرئيسي. وتنص هذه القاعدة على انه في حالة وجود اكثر من ناتج من عملية حذف هاليد الهيدروجين فان الناتج الرئيسي هو الذي تحمل الرابطة المزدوجة فيه اكبر عدد من مجموعات الالكيل. فمثلاً في التفاعل ادناه يمكن ازالة ذرة Br مع ذرة H وقد تكون ذرة الهيدروجين هذه على يسار او يمين ذرة البروم لينتج مركبين ولكن يسود المركب الذي تكون فيه مجموعات الالكيل اكثر حول الرابطة المزدوجة.

$$\underset{\text{2- بروموبيوتان}}{\underset{H}{CH_2} - \underset{Br}{CH} - \underset{H}{CH}\,CH_3} \longrightarrow \underset{\substack{\%80 \\ \text{2- بيوتين}}}{CH_3CH = CHCH_3} + CH_2 = CHCH_2CH_3$$

2- ازالة الماء من الكحول

يتم هذا التفاعل بتسخين الكحول مع حمض الكبريتيك حيث يزال جزئ الماء وتكون سرعة حذف الماء من الكحولات على النحو التالي $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$ وتستخدم قاعدة ستيزف لتحديد الناتج الرئيسي اذا كان هناك اكثر من احتمال للناتج.

$$\underset{\text{كحول ثالثي } (3^\circ)}{CH_3 - \overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C}} - OH} \xrightarrow[\text{حرارة}]{H_2SO_4} CH_3 - \overset{CH_2}{\underset{CH_3}{C}}$$

طرق تحضير الالكانيات

ان ابسط الالكانيات هو الاستيلين (ايثاين) وهو مركب ذو اهمية صناعية كبيرة ويستخدم على نطاق واسع في عمليات اللحام. ويحضر الاستيلين بطرق مختلفة منها ما يستخدم في ورش تصليح السيارات حيث يضاف الماء على كربيد الكالسيوم لينتج الاستيلين وفقاً للمعادلة التالية:

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow H\text{-}C \equiv C\text{-}H + Ca^{2+} + 2OH^-$$

اسيتلين

ولكن الطرق الاكثر استخداماً في الصناعة هي تلك التي اعتمدت على الغاز الطبيعي او المشتقات البترولية كمادة اولية فمثلاً عند تسخين الميثان على درجة حرارة عالية لفترة قصيرة يتكون الاستيلين والهيدروجين

$$2CH4 \xrightarrow{1500\text{م}} HC \equiv CH + 3H2$$

ويمكن تحضير معظم الالكانيات الاخرى من الاسيتلين حسب المعادلات التالية:

$$H\text{-}C \equiv C\text{-}H + NaNH_2 \longrightarrow H\text{-}C \equiv C\text{-}Na^+$$

$$\downarrow CH_3I$$

$$H\text{-}C \equiv C\text{-}CH_3 + I^-$$

$$CH_3\,C\quad CH \xrightarrow{NaNH_2} \xrightarrow{CH_3CH_2CH_2CH_2\,Br} CH_3\text{-}C{=}C\text{-}CH_2CH_2\,CH_2\,CH_3$$

تفاعلات الهيدروكربونات غير المشبعة

تعد الرابطة الثنائية او الثلاثية مركزاً غنياً بالالكترونات في الجزئ لذلك فهي اكثر عرضة للهجوم من المجموعات الاخرى التي تبحث عن الكترونات (تسمى الكتروفيل) ومن اهم تفاعلات الالكينات والالكانيات هي تفاعلات الاضافة وفيما يلي ملخص لبعضها:

1- الهلجنة

$$CH_3\,CH_2\,CH{=}CH_2 \xrightarrow{Br_2} CH_3\,CH_2\,\underset{Br}{CH}\,\underset{Br}{CH_2}$$

$$HC{=}CH \xrightarrow{Cl_2} \underset{Cl}{HC}{=}\underset{Cl}{CH} \xrightarrow{Cl_2} \overset{Cl}{\underset{Cl}{HC}}\text{-}\overset{Cl}{\underset{Cl}{CH}}$$

2- الهدرجة

$$H_2C = CH_2 \xrightarrow{N_2 / pt} H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H$$

3- اضافة HX

$$CH_3\,CH = CHCH_3 \xrightarrow[CCl_4]{HCl} CH_3\,\underset{Cl}{CH} - \underset{H}{CH}\,CH_3$$

4- اضافة الماء

$$CH_3 - \overset{CH_3}{C} = CH_2 \xrightarrow{H_2O / H+} CH_3 - \underset{OH}{\overset{CH_3}{C}} - CH_3$$

كحول ثالثي

الهيدروكربونات الاروماتية (العطرية)

يطلق على كل من البنزين او المركبات التي تحتوي حلقة البنزين اسم المركبات العطرية لأن لأغلبها روائح عطرية جميلة. ولكن يجب ان نتذكر ان هذه الروائح العطرية تخفي ورائها سمية عالية لكثير من المركبات حيث ان البعض منها يعد من المسببات القوية لأمراض السرطان ويكون البنزين على شكل سداسي لذرات الكربون الحلقية الستة ويرسم على شكلين ينتقل احدهما للآخر بواسطة الرنين.

وللتسهيل لا تكتب ذرات الكربون او ذرات الهيدروجين المرتبطة بها ليكون الشكل

وكما نلاحظ فأن الروابط المزدوجة الثلاثة في حلقة البنزين لا تكون في مكان واحد

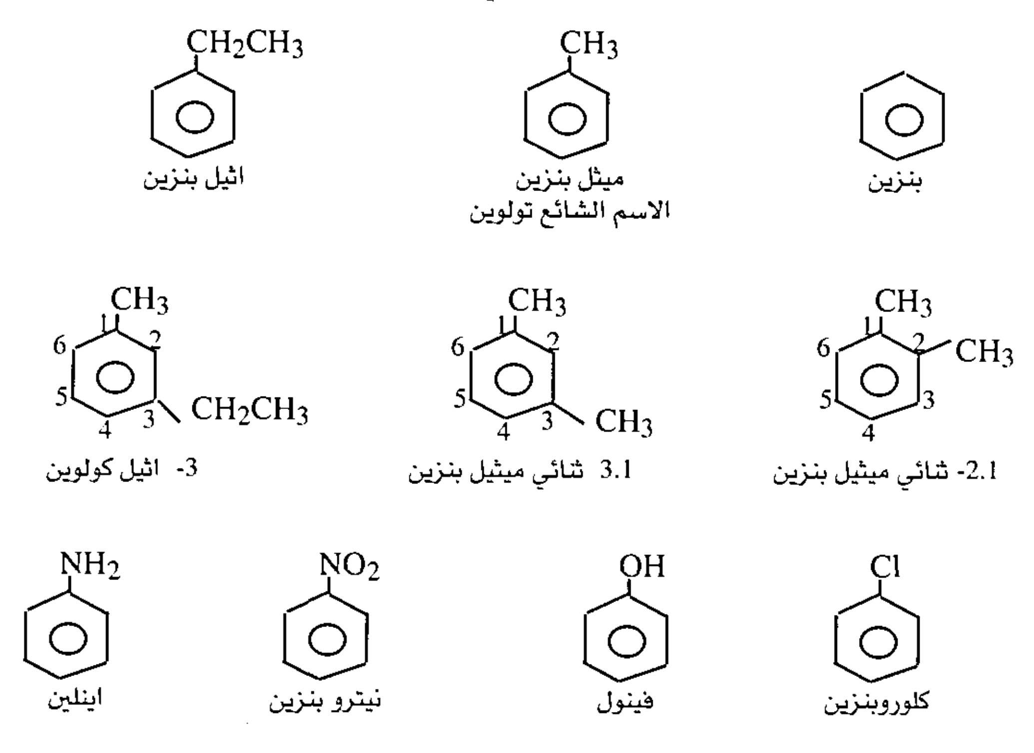
ولكن تنتقل لتعطي البنيتات الرنيتسينات اعلاه. وتشكل الكترونات الروابط المزدوجة (الكترونات II) عينة الكترونية حول حلقة البنزين تحيط الالكترونات بموجبها اسفل واعلى الحلقة لذلك تستخدم حالياً صيغة اكثر حداثة لرسم البنزين تعبر عن هذا الوضع حيث توضع دائرة داخل الشكل السداسي.

تسمية بعض المشتقات البنزينية

يعتبر البنزين في هذه الحالة هو الاساس في عملية التسمية حيث تتم تسمية المجموعات المرتبطة بالحلقة اولاً ثم نختم الاسم بكلمة بنزين واذا وجد مجموعتين على حلقة البنزين فتسمى بالاسماء التالية او يمكن استخدام الارقام لذلك:

- اورثو (o) وتأخذ الارقام 211 على حلقة البنزين.
- ميتا (m) وتأخذ الارقام 311 على حلقة البنزين.
- بارار (p) وتأخذ الارقام 411 على حلقة البنزين.

وتسمى المجموعات حسب الترتيب الابجدي وتختم بكلمة بنزين.



$COOH$ — حمض البنزوين

Br, Br — اورثو-ثنائي برومومبنزين

CH_2CH_3, Cl — ميتا - كلوروايتل بنزين
أو 3- كلورد ايتل بنزين

NO_2, NO_2 — بارا - ثنائي نيترو بنزين
4-1

NO_2, Cl, F (2, 3, 4, 5, 6) — 3- كلورو -5- فلورو نيتروبنزين

CH_3, NO_2 — ميتا - نيتروتولوين
3- ميتا نيتروتولوين

مصادر الهيدروكربونات الأرومانية

يعتبر البترول هو المصدر الرئيسي لهذه المركبات وكما اسلفنا فانه خلال عملية تقطير البترول وبعد اجراء بعملية الاصلاح الحراري فأن الكثير من المركبات الاليفائية تتحول الى مركبات اروماتية.

$$CH_3-(CH_2)_5-CH_3 \xrightarrow[pt]{400C^\circ} C_6H_5CH_3 + 4H_2$$

$$\text{methylcyclopentane } (CH_3) \xrightarrow[pt]{550\ C^\circ} C_6H_6 + 3H_2$$

تفاعلات الهيدروكربونات الأروماتية

تعتبر تفاعلات الاستبدال الاروماتي الالكتروفيلي اهم ما يميز المركبات الاروماتية. ان الروابط المزدوجة في حلقة البنزين لا تتفاعل بالاضافة كما في الالكينات والالكانيات لذا فهي تتفاعل باستبدال الهيدروجين او احد المجموعات المرتبطة بالحلقة بمجموعة اخرى.

وكون حلقة البنزين غنية بالالكترونات لوجود ثلاثة روابط مزدوج فيها فانها تتفاعل مع المركبات التي لديها نقص في الالكترونات والتي تسمى الكتروفيلات (محبة للالكترونات).

وأهم هذه التفاعلات

(1) الهلجنة

$$C_6H_6 + Br_2 \xrightarrow{Fe\,Br_3} C_6H_5Br + HBr$$

(2) السلفنة

$$C_6H_6 + SO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5SO_3H$$

حمض بنزين سلفونيك

(3) الالكلة (تفاعل فرايدل - كرافتس)

$$C_6H_6 + R - Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5R + HCl$$

(4) النترنة

$$C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5NO_2 + H_2O$$

ولأهمية موضوع الكيمياء العضوية وتنوع الموضوعات التي تطرح في هذا المجال، فإن هذا الكتاب لا يستطيع أن يغطي معلومات أكثر تعقيداً وفي حالة رغبة الطالب الاطلاع على المزيد من العودة إلى كتب الكيمياء العضوية المتخصصة.

الوحـدة الثانيـة

المفاهيم الفيزيائية

الفصل الرابع: الحركة

الفصل الخامس : الطاقة

الفصل السادس: الكهرباء الساكنة والمتحركة

الفصل السابع : المغناطيسية

الفصل الثامن : الصوت

الفصل التاسع : الضوء

الفصل العاشر: الحرارة

الفصل الرابع

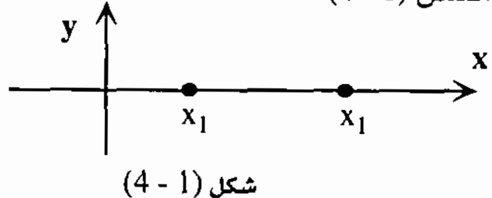
الحـــــركة

مقدمـة

تعد دراسة الأجسام المتحركة من المواضيع المهمة التي يتحتم علينا فهمها، سواء أكانت تلك الأجسام صغيرة جداً كالدقائق الأولية أو كانت أجساماً كبيرة جداً مثل النجوم والكواكب. ويمكن دراسة حركة الأجسام دون التعرف إلى مسببات حركتها ولكن الدراسة تكتمل بالبحث عن مسببات الحركة وهي القوى المؤثرة على تلك الأجسام المتحركة. وقد تكون حركة الأجسام معقدة حسب طبيعة تكوينها ونوعية القوى المؤثرة عليها. وسنقتصر في دراستنا هذه على حركة الأجسام النقطية. حيث يعرف الجسم النقطي بأنه أي جسم تكون أبعاده مهملة ويتحرك حركة انتقالية بين نقطتين عبر مسار محدد.

الحركة على خط مستقيم

عندما يتحرك جسيم نقطي على خط مستقيم، وليكن هذا الخط محور السينات، تكون إزاحة الجسم مساوية لمقدار التغير في موضعه عندما يتحرك من موقعه عند x_1 إلى x_2 كما هو موضح في الشكل (1 - 4).



شكل (1 - 4)

ورياضياً نعطي الإزاحة Δx بالعلاقة :

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad \text{.......... (1)}$$

فإذا كانت Δx موجبة فذلك يعني أن الجسم قد تحرك باتجاه محور x الموجب، أما إذا كانت Δx سالبة فتعني أن اتجاه الحركة كانت نحو محور السينات السالب.

ويعرف لحركة هذا الجسم متوسط سرعة $\overline{V}$ تساوي

$$\overline{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{.......... (2)}$$

حيث :

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad \text{.......... (3)}$$

و t_1 هو الزمن الذي وجد الجسيم عنده في النقطة الأولى x_1 و t_2 هو الزمن الذي وجد الجسيم عنده في موقعه الجديد x_2. فالفترة الزمنية Δt هي الزمن اللازم لينتقل الجسيم من x_1 إلى x_2.

وإذا عرف موضع الجسيم كدالة $x(t)$، فإننا نعرف ما يسمى بالسرعة اللحظية V لذلك الجسيم. وتعرف السرعة اللحظية كما يلي :

$$V = \frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

وكما يتضح فإن وحدة السرعة هي (m/s) في النظام الدولي للوحدات.

مثال (1) :

تسير سيارة على طريق مستقيم بحيث يتغير بعدها بالأمتار عن نقطة الأصل حسب العلاقة :

$$x(t) = 5t^3 - 2t^2 + 2$$

جد :

أ) بعد السيارة عن نقطة الأصل عند الزمن $t=o$ والزمن $t=1sec$.

ب) متوسط السرعة بين $t=o$ و $t=1sec$.

جـ) السرعة اللحظية للسيارة بعد مرور ثانية واحدة.

الحل :

أ) $x(0) = (0 - 0 + 2)m$

$$= 2m$$

$$x(1) = (5 - 2 + 2)\ m$$

$$= 5m$$

ب) $\bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0}$

$$= \frac{5 - 2}{1 - 0}\ m/s = 3\ m/s$$

جـ) $V = \frac{dx}{dt} = 15\ t^2 - 4t$

$$= 15(1)^2 - 4(1) \text{ m/s}$$

$$= 11 \text{m/s}$$

ويلاحظ هنا اختلاف V عن V إذ لا يشترط تساويهما دائماً.

وعندما يتحرك الجسيم فتتغير سرعته مع الزمن فإننا نقول بأن الجسم يتسارع (أو يتباطأ). وتسارع الجسيم دليل على تغير سرعته مع الزمن. ونعرف متوسط تسارع جسيم ما $\bar{a}$ بأنه معدل تغير سرعة الجسيم بين زمنين t_1 و t_2 أي أن :

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{.......................................} (5)$$

ويتبين من العلاقة (5) بأن وحدة التسارع هي (m/s^2) في النظام الدولي للوحدات. وإذا كانت سرعة الجسيم تعرف كدالة $v(t)$ فإننا نعرف التسارع اللحظي a للجسيم كما يلي :

$$a = \frac{dv}{dt} \quad \text{.......................................} (6)$$

أو

$$a = \frac{d^2 x}{dt2} \quad \text{.......................................} (7)$$

أي أن التسارع اللحظي هو المشتقة الأولى لدالة السرعة بالنسبة للزمن عند لحظة معينة أو هو المشتقة الثانية لدالة الموقع بالنسبة للزمن عند نفس اللحظة.

مثال (2) :

إذا كان موقع جسيم يعطى بالعلاقة :

$$x(t) = \frac{3}{2} t^2 + 5t$$

فاحسب :

أ) متوسط تسارع الجسيم بين الزمنين $t=0$, $t=1\text{sec}$.

ب) التسارع اللحظي للجسيم عند $t=1\text{sec}$.

الحل :

$$v(t) = \frac{dx}{dt}$$

$= 3t + 5$

أ) $v(0) = 3\ m/s$

$v(1) = 8\ m/s$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8 - 3}{1}\ m/s^2$$

$= 5 m/s^2$

ب) $a = \dfrac{dv}{dt}$

$= 3 m/s$

لاحظ أن $\bar{a}$ تختلف عن a في معظم الحالات.

الحركة على خط مستقيم بتسارع ثابت

تعد حركة جسيم على خط مستقيم وبتسارع ثابت من أهم التطبيقات الأساسية على الحركة بشكل عام. وتظهر أهمية هذا النوع من الحركة عندما ندرس حركة الأجسام التي تسقط بحرية تحت تأثير الجاذبية الأرضية وبالقرب من سطح الأرض.

إذا تحرك جسيم على خط مستقيم وبتسارع معين، فإنه يمكن حساب سرعة الجسيم وموقعه بعد أي زمن معين، وذلك بإجراء. التكامل المناسب. حيث نجد أن $v(t)$ تعطى بالتكامل.

$$v(t) = \int_o^t a\, dt \qquad (7)$$

ثم نجد أن $x(t)$ تعطى التكامل.

$$x(t) = \int_o^t v\, dt \qquad (8)$$

حيث اعتبرنا أن الزمن $t=0$ هو لحظة بداية الحركة والزمن t هو زمن نهايتها.

فإذا كان التسارع ثابتاً فإن العلاقات (7) و (8) تعطي :

$$v = v_0 + at \qquad (9)$$

و

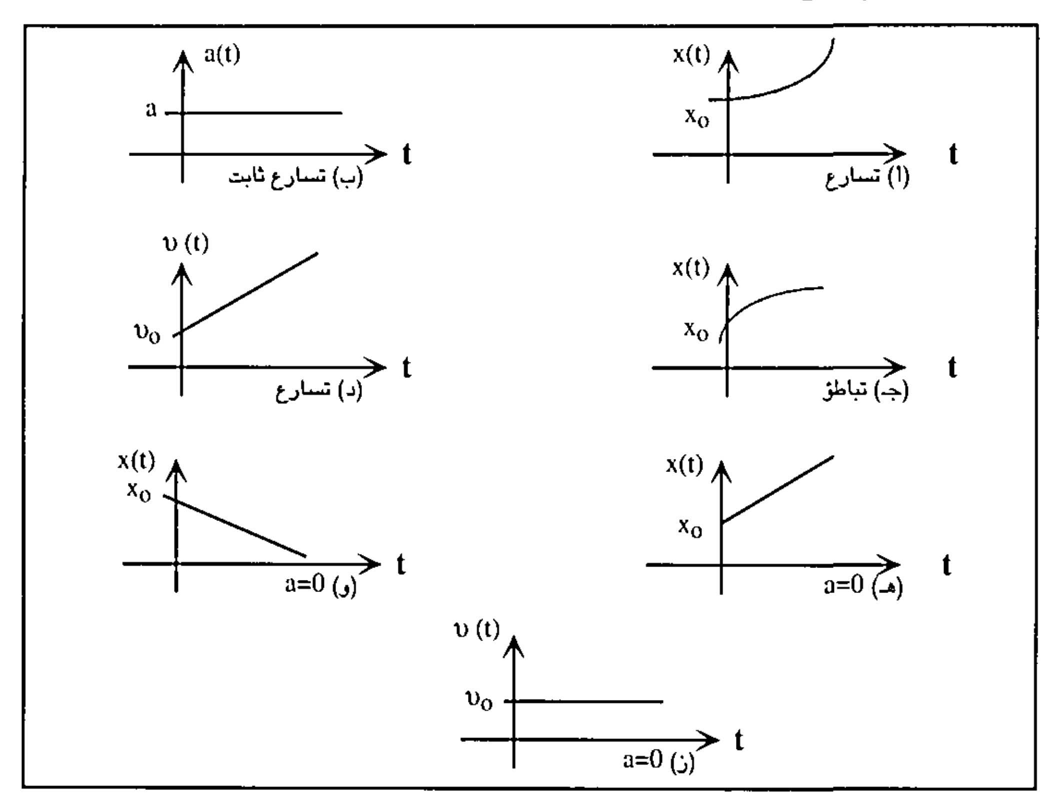
$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \qquad (10)$$

ومن العلاقتين الأخيرتين نجد أن :

$$v^2 = v_0^2 + 2a\,(\Delta x) \quad \text{.................................... (11)}$$

حيث v_0 و x_0 هما سرعة وموقع الجسيم عند الزمن $t=0$ وعلى الترتيب.

ويلاحظ أن $v(t)$ للحركة على خط مستقيم هي علاقة خطية مع الزمن، بينما $x(t)$ لنفس الحركة تكون علاقة تربيعية مع الزمن، ويوضح الشكل (2 - 4) ذلك المعنى الرياضي لهذه العلاقات وبعض الحالات الخاصة منها.



شكل (2 - 4)

مثال (3) :

يتحرك جسيم على خط مستقيم بتسارع ثابت مقداره $5m/s^2$. إذا بدأ الجسيم الحركة من السكون من نقطة الأصل، فاحسب سرعة الجسيم والمسافة التي يقطعها بعد مرور 3sec من بدء الحركة.

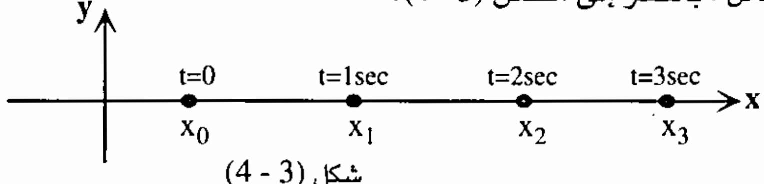
الحل :

$$\upsilon = \upsilon_0 + at$$
$$= 0 + (5)(3)\ m/s$$
$$= 15 m/s\ ;\ (\upsilon_0 = 0)$$
$$x = x_0 + \upsilon_0 t + \frac{1}{2} at^2$$
$$= 0 + 0 + \frac{1}{2}(5)(3)^2\ m$$
$$= 22.5 m\ ,\ (x_0 = 0)$$

مثال (4) :

يتحرك جسيم على خط مستقيم بدءاً من السكون بتسارع ثابت فيقطع مسافة 50m خلال الثانية الثالثة من حركته. احسب تسارع ذلك الجسيم.

الحل : بالنظر إلى الشكل (3 - 4).



شكل (3 - 4)

استخدم العلاقة $x = x_0 + \upsilon_0 t + \frac{1}{2} at^2$ لتجد أن :

$$x_1 = x_0 + \upsilon_0 (1) + \frac{1}{2} a(1)^2$$
$$x_1 = x_0 + \upsilon_0 + \frac{a}{2}$$
$$= x_0 + \frac{a}{2} \quad + {}_1\upsilon_0 = 0$$

وكذلك :

$$x_2 = x_0 + 2a$$
$$x_3 = x_0 + \frac{9a}{2}$$

∴ المسافة المقطوعة خلال الثانية الثالثة هي :

$$\Delta x = x_3 - x_2 = \frac{9a}{2} - 2a$$

$$50 = \frac{5a}{2}$$

$$\therefore\ a = 20 m/s^2$$

السقوط الحر للأجسام

يعد هذا النوع من الحركة من أهم التطبيقات على الحركة على خط مستقيم بتسارع ثابت. وفي هذه الحالة، تتحرك الأجسام تحت تأثير قوة الجاذبية مكتسبة تسارعاً ثابتاً هو تسارع الجاذبية. وسنرمز لتسارع الجاذبية بالرمز g، وقيمة g بالقرب من سطح الأرض حوالي ($9.8\ m/s^2$). ويجب التنبيه إلى أن قيمة g قد تختلف اختلافاً طفيفاً بين نقطة وأخرى على سطح الأرض، كما أن قيمة g تقل كلما زاد الارتفاع عن سطح الأرض.

وإذا ما قذف جسيم إلى الأعلى فإنه يتباطىء حتى تصبح سرعته العمودية صفراً عند أقصى ارتفاع، أما إذا سقط الجسم نحو سطح الأرض (إلى الأسفل) فإنه يتسارع.

وبما أن تسارع الجاذبية ثابت فإن معادلات الحركة تصبح على الشكل :

$$\upsilon = \upsilon_0 - gt \quad \text{.....................................} \quad (12)$$

$$y = y_0 + \upsilon_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{.........................} \quad (13)$$

$$\upsilon^2 = \upsilon_0^2 - 2g\,(\Delta y) \quad \text{...............................} \quad (14)$$

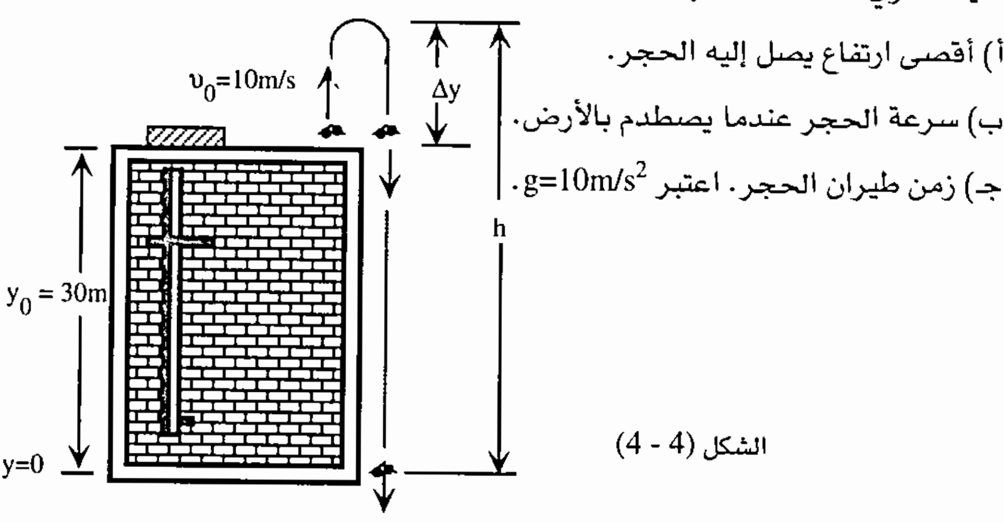
حيث اعتبرنا أن محور الصادات y هو محور الحركة، ووضعنا $a = -g$.

مثال (5) : قذف حجر من سطح عمارة ارتفاعها 30m رأسياً نحو الأعلى بسرعة ابتدائية تساوي 10m/s. احسب :

أ) أقصى ارتفاع يصل إليه الحجر.

ب) سرعة الحجر عندما يصطدم بالأرض.

جـ) زمن طيران الحجر. اعتبر $g=10m/s^2$.



الشكل (4 - 4)

الحل :

أ) عند أقصى ارتفاع تكون $\upsilon=0$

إذن باستخدام $\upsilon^2 = v_0^2 - 2g\,(\Delta y)$

وبالنظر إلى الشكل (4) نجد أن :

$$h - y_0 = \Delta y = \frac{\upsilon_0^2}{2g} = \frac{100}{20}\ m = 5m$$

وعليه يكون أقصى ارتفاع هو $h = y_0 + 5 = 35m$

ب) أيضاً باستخدام العلاقة

$$V^2 = V_0^2 - 2g(\Delta y)$$

علماً أنه عند سطح الأرض $y=0$، أي أن :

$$\Delta y = 0 - y_0$$

إذن $\Delta y = -y_0 = -30m$

وعليه $V^2 = 100 - 20(10)\ (-30)$

$$= 100 + 600 = 700$$

$V = \sqrt{700}\ m/s = 26.4\ m/s$ نحو الأسفل.

جـ) لحساب زمن طيران الحجر نستخدم العلاقة

$$V = V_0 - gt$$

إذن $-26.4 = 10 - 10\hat{t}$

$$t = \frac{36.4}{10}\ sec$$

$$t = 3.64\ sec$$

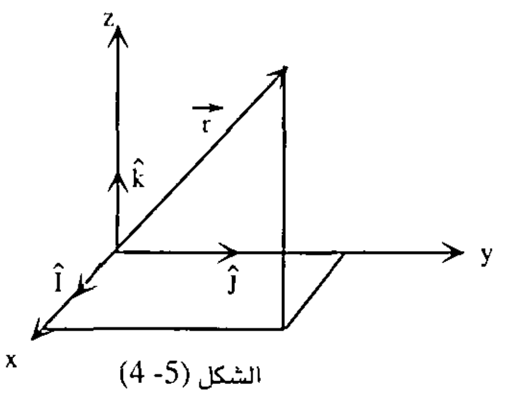
هنا اعتبرنا $V= -26.4m/s$ لأن الاتجاه كان نحو الأسفل لتلك السرعة، بينما V_0 $= +10m/s$ نحو الأعلى.

الحركة في أكثر من بعد (الحالة العامة)

بشكل عام، يمكن أن يتحرك جسيم في الفراغ أي في ثلاثة أبعاد، وعندها يجب تحديد متجه موضعه $\vec{r}\,(t)$ حيث :

$$r(t) = x(t)\,\hat{i} + y(t)\hat{j} + z(t)\,\hat{k} \quad \text{.......} \quad (15)$$

حيث $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ تمثل الاتجاهات الموجبة للمحاور الثلاثة x, y, z.



الشكل (5- 4)

وتكون سرعة الجسيم :

$$\vec{\upsilon} = \upsilon_x\,\hat{i} + \upsilon_y\hat{j} + \upsilon_z\hat{k} \quad \text{.......} \quad (16)$$

حيث :

$$\upsilon_x = \frac{dx}{dt}, \upsilon_y = \frac{dy}{dt}, \upsilon_z = \frac{dz}{dt} \quad \text{.......} \quad (17)$$

وتسارع الجسيم يعطى بالعلاقة :

$$\vec{a} = a_x\,\hat{i} + a_y\hat{j} + a_z\hat{k} \quad \text{.......} \quad (18)$$

حيث :

$$a_x = \frac{d\upsilon_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$
$$a_y = \frac{d\upsilon_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} \quad \text{.......} \quad (19)$$
$$a_z = \frac{d\upsilon_2}{dt} = \frac{d^2z}{dt}$$

وسوف ندرس مثالين على الحركة في مستوى هما حركة المقذوفات والحركة الدائرية المنتظمة.

حركة المقذوفات

تعد حركة المقذوفات من الأمثلة المهمة على الحركة في أكثر من بعد. ويتحرك الجسيم

تحت تأثير الجاذبية الأرضية مع إهمال مقاومة الهواء وحركة الرياح للأجسام. وعليه يكون تسارع الجسيم.

$$\vec{a} = -g\hat{j} \quad \text{.......................................} \quad (20)$$

وإذا اعتبرنا أن محور السينات موازياً لسطح الأرض ومحور الصادات عمودياً على سطح الأرض فإن :

$$a_y = -g, \; a_x = 0 \quad \text{.......................................} \quad (21)$$

ونظراً لكون التسارع ثابتاً في هذه الحالة فإنه يمكن كتابة معادلات الحركة على النحو التالي :

$$\left.\begin{aligned} \upsilon_x &= \upsilon_{0x} \\ x &= x_0 + \upsilon_{0x}t \end{aligned}\right\} \quad \text{.......................................} \quad (22)$$

و

$$\left.\begin{aligned} \upsilon_y &= \upsilon_{0y} - gt \\ y &= y_0 + \upsilon_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \end{aligned}\right\} \quad \text{...........................} \quad (23)$$

حيث $y_0, x_0, \upsilon_{y0}, \upsilon_{x0}$ هي مركبات السرعة الابتدائية والموقع الابتدائي للقذيفة على الترتيب.

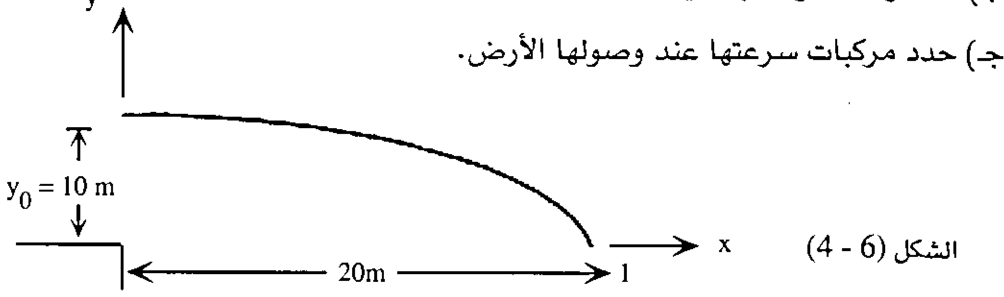
مثال (6) :

قذفت كرة أفقياً عن ارتفاع 10m عن سطح الأرض، فسقطت عند نقطة تبعد 20m و أفقياً عن موقع انطلاقها.

أ) ما زمن طيرانها؟

ب) ما سرعة الكرة الابتدائية؟

جـ) حدد مركبات سرعتها عند وصولها الأرض.



الشكل (6 - 4)

الحل :

من الشكل (6) نجد عند بداية الطيران أن :

$y_0 = 10m, \quad x_0 = 0, \quad v_{0x} = \upsilon_x, \quad \upsilon_{0y} = 0$

ولحظة وصولها الأرض $y=0, \quad x= 20m$

أ) استخدم العلاقة :

$$y = y_0 + y_{0y}t - \frac{1}{2} gt^2$$

حيث $0 = 10 + 0 - \frac{1}{2} (10)\, t^2$ ثم نجد أن $t = \sqrt{2}\ sec = 1.41\ sec$

ب) $\upsilon_0 = \upsilon_{0x}$

وباستخدام $x = \upsilon_{0x}t$

$$\upsilon_0 = \upsilon_{0x} = \frac{20}{1.4}\ m/s$$

$$= 14.1 m/s$$

جـ) $\upsilon_x = \upsilon_{0x} = 14.1/m/s$

والآن يجب حساب υ_y ولذلك تستخدم العلاقة

$$\upsilon_y = \upsilon_{0y} - gt$$

$$\upsilon_y = 0 - 10\ (1.41)\ m/s$$

$$= -14.1\ m/s$$

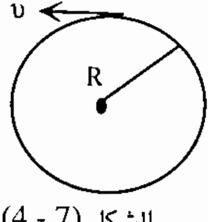
وعليه $\vec{\upsilon} = 1.41\ i - 14.1j\ m/s$ لحظة اصطدام الكرة بالأرض.

الحركة الدائرية المنتظمة

تعد الحركة الدائرية المنتظمة من الأمثلة المهمة على الحركة في حياتنا. وقد وجد أن أي جسم يتحرك بسرعة ثابتة على محيط مسار دائري محدد يمتلك تسارعاً ثابتاً يتجه نحو مركز الدائرة التي يتحرك على محيطها ويسمى ذلك التسارع بالتسارع المركزي a_c ويعطى بالعلاقة:

$$a_c = \frac{\upsilon^2}{R} \quad .... (24)$$

حيث υ السرعة المماسية للجسم، و R نصف قطر ذلك المسار كما هو موضح في الشكل (4-7).



الشكل (7 - 4)

ويطلق على الزمن اللازم للجسم ليدور دورة واحدة بالزمن الدوري T ويعطى بالعلاقة :

$$T = \frac{2\pi R}{\upsilon} \qquad \text{.................................... (25)}$$

كما أن تردد حركة هذا الجسم الدورية f هي :

$$f = \frac{1}{T}$$

$$= \frac{\upsilon}{2\pi R} \qquad \text{....................................(26)}$$

مثال (7) :

يدور القمر حول الأرض في مدار دائري تقريباً، نصف قطره $R = 1.7 \times 10^9 m$ إذا علمت أن الزمن الدوري للقمر حول الأرض يساوي 27.5 days فاحسب :

أ) سرعة القمر.

ب) تسارعه المركزي.

الحل :

$T = 27.5$ days

أ) $= (27.5)\ (24)\ (60)\ (60)$ sec

$= 2.376 \times 10^6 s$

وباستخدام العلاقة (25) نجد أن :

$$\upsilon = \frac{2\pi R}{T}$$

$$= \frac{2\pi\,(1.7 \times 10^9)}{2.376 \times 10^6}\ m/s$$

$$= 4497.3\ m/sec$$

$$\cong 4.5\ k/m/sec.$$

ب) $a_c = \frac{\upsilon^2}{R}$

$$\cong 0.012\ m/s^2$$

قوانين نيوتن في الحركة

لقد تعلمنا حتى الآن كيف تتحرك الأجسام، وبينا العلاقات التي تحدد سرعتها وموقعها عند أي لحظة من الزمن. ولم نتعرض لمسببات هذه الحركة. وقد وضع اسحق نيوتن (I. Newton) قوانينه الثلاثة المشهورة التي تعد الأساس في دراسة ميكانيكا الأجسام الكلاسيكية، وفيما يلي نلخص هذه القوانين المهمة :

1- قانون نيوتن الأول

ينص هذا القانون على أن «أي جسم يبقى على حالته من سكون أو حركة بسرعة ثابتة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته». ويعد اتزان الأجسام من أهم التطبيقات على هذا القانون.

2- قانون نيوتن الثاني.

وينص هذا القانون على أن «تسارع أي جسم يتناسب طردياً مع محصلة القوى المؤثرة عليه وعكسياً مع كتلته».

ورياضياً يكتب هذا القانون على الشكل :

$$F = m\,a \quad \text{.......................................} \quad (27)$$

حيث F هي محصلة القوى المؤثرة على جسم كتلته m يتحرك على خط مستقيم بتسارع مقداره a.

3- قانون نيوتن الثالث

ينص هذا القانون على أن «لكل فعل رد فعل مساو في المقدار ومعاكس في الاتجاه».

مثال (8) :

تحرك جسيم كتلته 2kg بدءاً من السكون على خط مستقيم بتسارع ثابت فقطع مسافة 20m خلال ثانيتين. ما القوة المؤثرة على ذلك الجسيم؟

الحل :

لحساب القوة، يجب معرفة التسارع a ، وباستخدام

$$x = x_0 + \upsilon_0 t - \frac{1}{2} at^2$$

$$x - x_0 = \upsilon_0 t - \frac{1}{2} at^2$$

$$20 = 0 + 0 + \frac{1}{2} a (2)^2$$

$$20 = 2a$$

وعليه $a = 10 m/s^2$

إذن $F = ma$

$= (2kg)(10m/s^2)$

$= 20 \ Kg. \ m/s^2$

$= 20N$

حيث $N = 1 \ Newton = 1 \ kg. \ m/s^2$

أمثلة على القوى

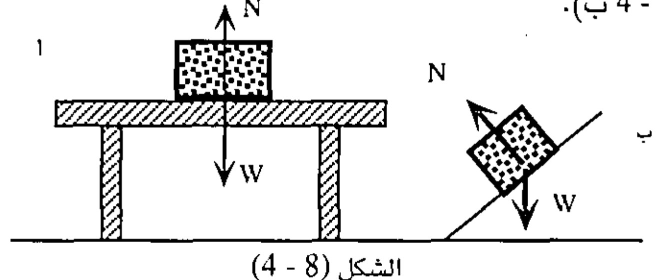
1- الوزن : إذا سقط جسيم بحرية فإنه يكتسب تسارعاً يساوي تسارع الجاذبية الأرضية وتكون القوى المؤثرة عليه :

$F = W = mg$ .... (28)

حيث W يسمى وزن الجسم وتتجه هذه القوة دائماً نحو مركز الأرض. وهنا يجب التنبيه إلى أن وزن الجسم يختلف باختلاف قيمة g.

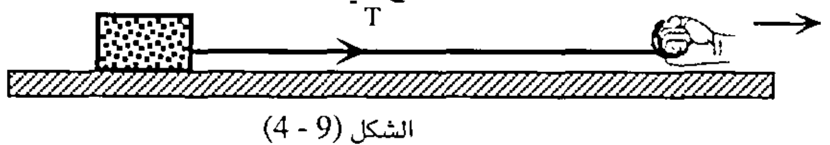
2- القوة العمودية أو رد فعل السطوح : إذا وضعت جسماً على طاولة أفقية، وبما أن وزن الجسم يساوي mg نحو الأسفل، فإن الجسم يؤثر على سطح الطاولة بقوة تساوي W فتؤثر الطاولة على الجسم بقوة عمودية N إلى الأعلى تساوي في المقدار mg كما هو

موضح في الشكل (8 - 4 أ). والقوة العمودية لا تساوي دائماً وزن الجسم كما هو موضح في الشكل (8 - 4 ب).



الشكل (8 - 4)

3- قوة الشد : إذا ربط جسم بخيط على سطح أفقي أملس ثم شددنا هذا الخيط من طرفه فإن الجسم يبدأ بالحركة، ومعنى ذلك أن قوة ما تؤثر على هذا الجسم، وتسمى هذه القوة قوة الشد T كما هو موضح في الشكل (9 - 4).



الشكل (9 - 4)

4- قوى الاحتكاك : وتظهر هذه القوى عند تحرك الأجسام على السطوح الخشنة. يكون اتجاه تأثير قوى الاحتكاك بعكس اتجاه حركة الجسم دائماً، وتعتمد هذه القوى بشكل عام على طبيعة السطوح المتلامسة والقوة العمودية، وعوامل أخرى. وتصنف قوى الاحتكاك كما يلي:

أ) قوى الاحتكاك السكوني : فإذا أثرت قوة معينة على جسم فبقي ساكناً ولم يتحرك فإنه يخضع لقوة احتكاك سكوني تعطى بالعلاقة.

$$F_s = \mu_s N \qquad (29)$$

حيث F_s قوة الاحتكاك السكوني، و N القوة العمودية، و μ_s هو ثابت يسمى معامل الاحتكاك السكوني.

ب) قوة الاحتكاك الحركي : إذا تحرك جسم على سطح خشن، فإنه يخضع لقوة معاكسة لاتجاه حركته تدعى قوة الاحتكاك الحركي وتعطى بالعلاقة :

$$F_k = \mu_k N \qquad (30)$$

حيث F_k هي قوة الاحتكاك الحركي، و N القوة العمودية، و μ_k ثابت يسمى بمعامل الاحتكاك الحركي.

وبشكل عام فإن قيمة μ_s أكبر من قيمة μ_k أي أن :

$$\mu_s \geq \mu_k \quad \text{.......................................} \quad (31)$$

5- القوة المركزية : لقد عرفنا أن أي جسم يتحرك على مسار دائري، يملك تسارعاً نحو المركز، ومقدار القوة المركزية، F_c يعطى بالعلاقة :

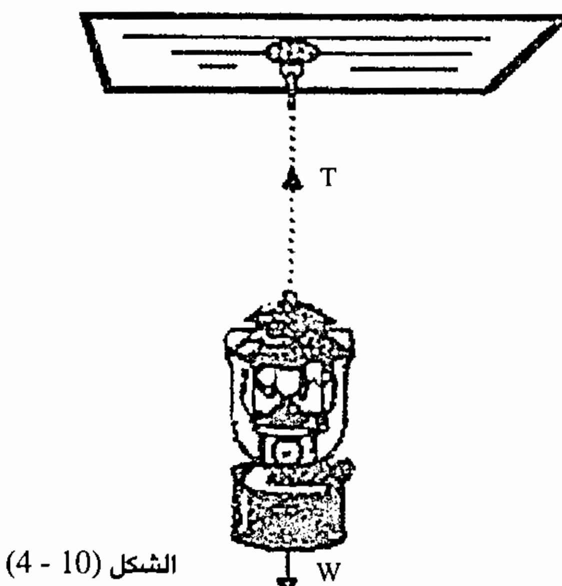
$$F_c = \frac{m\upsilon^2}{R} \quad \text{.......................................} \quad (32)$$

ويكون اتجاه القوة المركزية هذه نحو مركز الدوران ويجب دائماً تحديد مصدر هذه القوة.

وهناك أنواع كثيرة من القوى مثل قوة المرونة والقوى الكهربائية والمغناطيسية، وغيرها. وسنهتم بالقوى الثابتة في دراستنا حالياً.

مثال (9) :

مصباح كتلته 5kg معلق بنهاية سلك مثبت في سقف غرفة. احسب الشد في السلك (اعتبر $g = 10m/s^2$).



الشكل (10 - 4)

الحل :

كما في الشكل (10 - 4)، بما أن المصباح ساكن فإن :

$$T = W$$

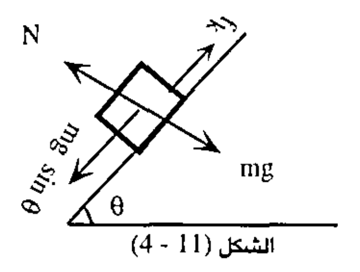
$$= mg$$

$$= (5)\ (10)\ N$$

$$= 50N$$

مثال (10) :

وضع جسم كتلته m على سطح مائل خشن زاوية ميله θ كما هو موضح في الشكل (11 - 4). احسب معامل الاحتكاك الحركي μ_k إذا انزلق الجسم إلى الأسفل بسرعة ثابتة.



الشكل (11 - 4)

الحل :

إن القوى المؤثرة على الجسم هي وزنه W، ورد الفعل N، وأخيراً قوة الاحتكاك الموضحة في الشكل (11 - 4). وقد حللنا الوزن إلى مركبتين أحدهما موازية للسطح المائل وتساوي $mg \sin\theta$، والأخرى عمودية على السطح المائل وتساوي $mg \cos\theta$. وعليه يكون رد الفعل :

$$N = mg \cos \theta$$

وقوة الاحتكاك f_k تعطى بالعلاقة :

$$f_k = \mu_k N = \mu_k\, mg \cos\theta$$

وبما أن الجسم ينزلق بسرعة ثابتة فإن تسارعه يكون مساوياً للصفر، أي أن مركبة الوزن الموازية للسطح تساوي قوة الاحتكاك وعليه :

$$\mu_k\, mg \cos\theta = mg \sin \theta$$

أو

$$\mu_k = \tan\theta$$

مثال (11) :

جسم كتلته 1kg يتحرك على محيط دائرة نصف قطرها 2m. إذا كانت القوة المركزية تساوي 8N فاحسب سرعة ذلك الجسم.

الحل :

باستخدام العلاقة (31)

$$F_c = \frac{m\upsilon^2}{R}$$

نجد أن

$$\upsilon = \sqrt{\frac{RF_c}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(8)}{1}} \ m/s$$

$$\upsilon = 4 \ m/s$$

الخلاصة

تعرضنا في هذا الفصل لدراسة الأجسام المتحركة سواء كانت الحركة على خط مستقيم أو السقوط الحر للأجسام، كما ناقشنا الحركة في أكثر من بعد وحركة المقذوفات والحركة الدائرية المنتظمة، إضافة إلى قوانين نيوتن في الحركة.

وسنناقش في الفصل القادم موضوع الطاقة بأشكالها وتحولاتها.

أسئلة وتمارين

س1 : يتحرك جسيم على محور x بحيث كان موضعه يعطى بالعلاقة $x = 10t^2 + 5$ حيث x تقاس بالأمتار و t بالثواني، احسب :

أ) متوسط السرعة بين t=0 و t=2sec.

ب) السرعة اللحظية عند t=5sec, t=1sec

جـ) تسارع الجسيم.

س2 : أطلقت رصاصة رأسياً نحو الأعلى بسرعة 100m/s. احسب :

أ) أقصى ارتفاع تصل إليه الرصاصة.

ب) الزمن اللازم لبلوغ أقصى ارتفاع.

جـ) زمن طيران الرصاصة.

س3 : أطلقت قذيفة بسرعة 50m/s بزاوية قدرها 30° فوق الأفق. احسب :

أ) زمن طيران القذيفة.

ب) المسافة الأفقية التي تقطعها القذيفة.

س4 : تنطلق سيارة من السكون بتسارع ثابت فتبلغ سرعتها 72km/hr خلال 20sec. احسب :

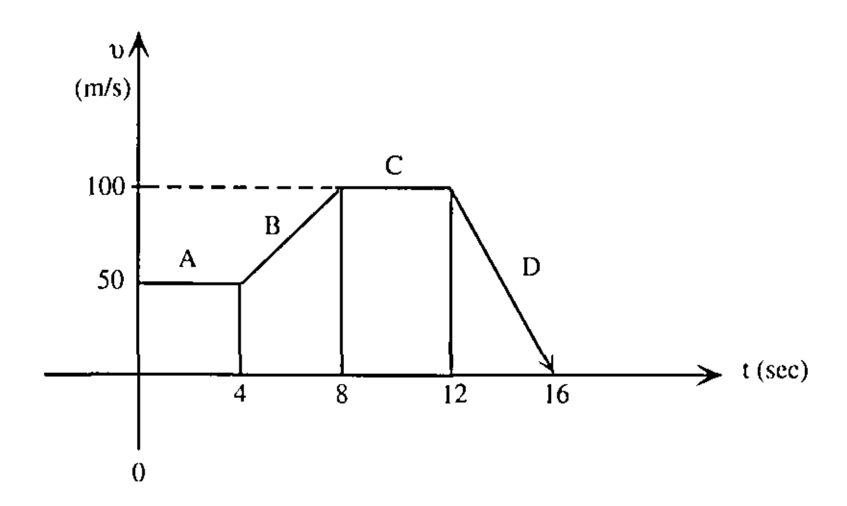
أ) تسارع السيارة.

ب) المسافة التي قطعتها السيارة حتى أصبحت سرعتها 72km/hr.

س5 : ما مقدار السرعة والتسارع المركزي للأرض في حركتها حول الشمس إذا كان نصف قطر مدار الأرض 1.5×10^8 km؟

س6 : يسقط حجر من أعلى عمارة ويسمع صوت اصطدامه بالأرض بعد 5sec. ما هو ارتفاع العمارة ؟ (اعتبر سرعة الصوت في الهواء 340 m/sec).

س7 : يبين الشكل رسماً بيانياً يوضح العلاقة بين سرعة جسم كتلته (5kg) مع الزمن. احسب : مقدار القوة المؤثرة على الجسم في الفترات D, C, B, A.



س8 : تتدحرج كرة عن حافة طاولة ارتفاعها (1.5m) عن سطح الأرض، فإذا سقطت الكرة على الأرض عند نقطة تبعد مسافة 2m عن حافة الطاولة فاحسب السرعة الابتدائية التي غادرت بها الكرة سطح الطاولة.

الفصل الخامس
الطـــاقة

مقدمـة

إن الحياة على هذه الأرض غير ممكنة بدون الطاقة، فهي التي تجعل النبات ينمو، فيستعمله الإنسان والحيوان كغذاء يمده بالطاقة ليعيش، ويكون قادراً على الحركة وتشغيل جميع الأدوات المتوفرة لديه.

إن كلمة طاقة مألوفة في حياتنا اليومية، إذ يمكن وصفها بعدة طرق. والطاقة يمكن أن تستمد من الحرارة والضوء والكهرباء وغيرها. وقد استعمل الإنسان عضلاته أولاً لتحويل الطاقة إلى شغل مفيد، وقد كان لديه مصدران للطاقة هما الشمس والطعام الذي يتناوله ثم اكتشف النار التي استخدمها لتحويل الطاقة الكيميائية المختزنة في الأخشاب إلى طاقة حرارية، وبعد ذلك اكتشف الغاز الطبيعي والفحم الحجري والنفط.

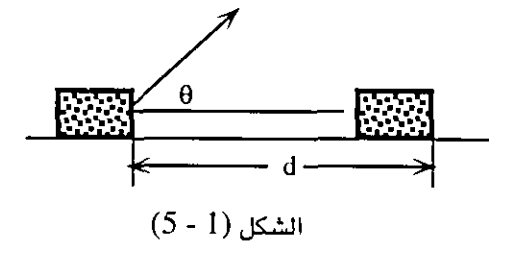
يمكن تعريف الطاقة بأنها القدرة على إنجاز عمل أو شغل معين. وسوف نتعرف في هذا الفصل على أشكال الطاقة المختلفة.

الشغل

إذا أثرت قوة ثابتة F على جسم معين فانتقل مسافة مقدارها d فإن الشغل الناتج عن هذه القوة يعطى بالعلاقة :

$$W = Fd\cos\theta \quad \text{...} \quad (1)$$

حيث θ هي الزاوية بين القوة F والإزاحة d كما هو موضح في الشكل (1 - 5).



الشكل (1 - 5)

ووحدة الشغل هي N.m وتسمى تلك الوحدة في النظام الدولي باسم الجول (Joule) وسنرمز لها اختصاراً بالرمز J، أي أن :

$$1J = 1\ N.m = 1kg\ \hat{m}^2/s^2$$

ومن العلاقة (1) نستنتج أن الشغل يمكن أن يكون موجباً أو سالباً. وبشكل عام إذا كانت القوة متغيرة F(x) فإن الشغل الناتج عن إزاحة جسيم تحت تأثيرها من نقطة بداية x_1 إلى نقطة نهاية x_2 على محور x يعطى بالعلاقة :

$$W = \int_{x1}^{x_2} F(x)\, dx \quad \text{.......................................} \quad (2)$$

وهناك أشكال كثيرة من القوى في الطبيعة مثل قوة الجاذبية وقوة المرونة وقوى الرياح والماء والكهرباء وغيرها. وجميعها قادر على إنجاز شغل.

مثال (1) :

يسحب جسيم كتلته 10kg مسافة 5m على سطح أفقي أملس بواسطة قوة ثابتة F مقدارها 50N باتجاه يصنع زاوية مقدارها 60° مع الأفق.

احسب الشغل الذي تبذله :

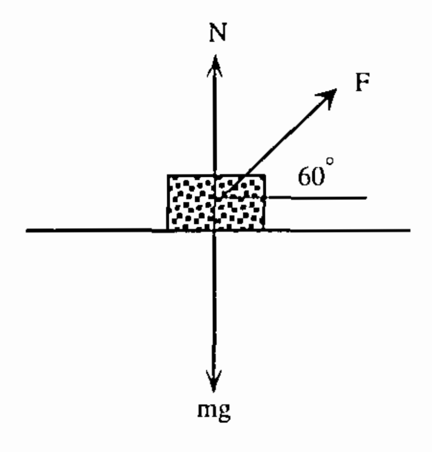
أ) القوة الثابتة F.

ب) قوة وزن الجسيم.

ج) القوة العمودية.

الحل :

كما هو موضح في الشكل (2 - 5) :



الشكل (2 - 5)

أ) الشغل الذي تبذله القوة الثابتة

$$W_F = Fd \cos \theta_F$$

$$= (50)\ (5) \cos 60^\circ \ \ J$$

$$= 125J$$

ب) الشغل الذي تبذله قوة الوزن

$$W_g = (mg)\ (d) \cos \theta$$

$$= (10)\ (9.8)\ (5) \cos 90^\circ \ \ J$$

$$= 0 \ , \quad \cos 90^\circ = 0$$

ج) الشغل الذي تبذله القوة العمودية

$$W_N = Nd \cos \theta_N$$

$$= 0 \ , \ \theta_N = 90^\circ$$

مثال (2) :

تؤثر قوة تعمل في اتجاه محور x على جسيم وتعطى بالعلاقة $F(x) = 2x - 5$ حيث F تقاس بالنيوتن و x بالأمتار. احسب الشغل الذي تبذله القوة عندما يتحرك الجسيم $x = 1m$ إلى $x = 6m$.

الحل : استخدم العلاقة :

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x)\, dx$$

$$= \int_1^6 (2x - 5)$$

$$= (x^2 - 5x) \Big|_1^6$$

$$= 10J$$

نظرية الشغل والطاقة

لقد تعلمنا من فصل الحركة أنه إذا تحرك جسيم كتلته m بتسارع ثابت a فإن :

$$\upsilon_2^2 = \upsilon_1^2 + 2a\,x \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (3)$$

وإذا ضربنا هذه المعادلة بـ $\frac{m}{2}$ نحصل على :

$$\frac{1}{2}\, m\upsilon_2^2 = \frac{1}{2}\, m\upsilon_1^2 + max \quad \text{.......................................} \quad (4)$$

ولكن حسب قانون نيوتن الثاني $F = ma$ والشغل الناتج عن قوة ثابتة هو :

$$W = Fx = max$$

إذن بترتيب المعادلة (4) نجد أن :

$$W = \frac{1}{2}\, m\upsilon_2^2 - \frac{1}{2}\, m\upsilon_1^2 \quad \text{.......................................} \quad (5)$$

وإذا تفحصنا الحد $\frac{1}{2}\, m\upsilon^2$ نلاحظ أن وحدة قياسه في النظام الدولي هي :

$$[\frac{1}{2}\, m\upsilon^2] = kg.\,(m/s)^2$$

$$= (kg.\, m/s^2)\,.\, m$$

$$= N.M = J$$

لذا فإن الشغل هو عبارة عن الفرق بين طاقتين تسمى كل منها بالطاقة الحركية K وتكتب على الشكل :

$$K = \frac{1}{2}\, m\upsilon^2 \quad \text{.......................................} \quad (6)$$

ونكتب العلاقة (5) على الصورة :

$$W = K_2 - K_1 \quad \text{.......................................} \quad (7)$$

وتعرف العلاقة (7) بنظرية الشغل والطاقة وتنص على ما يلي :

إن شغل القوى المؤثرة على جسيم عندما ينتقل بين نقطتين يساوي التغير في طاقته الحركية بين تلك النقطتين.

ويجب أن نذكر أن هذه النظرية صحيحة في حالة كون القوة متغيرة وتعمل في أكثر من اتجاه.

مثال (3) :

أثرت قوة لمدة من الزمن على جسيم كتلته 1 kg يتحرك على محور السينات فتغيرت سرعته من 2m/s إلى 10m/s.

احسب الشغل الذي بذلته تلك القوة.

الحل : باستخدام العلاقة (6) نجد أن :

$$K_1 = \frac{1}{2} m\upsilon_1^2$$

$$= \frac{1}{2} (1)(4) J = 2J$$

$$K_2 = \frac{1}{2} m\upsilon_2^2 = \frac{1}{2} (1)(100) J = 50 J$$

ومن العلاقة (7)

$$W = K_2 - K_1$$

$$= (50 - 2) J = 48 J$$

اشكال الطاقة

يوجد للطاقة أشكال مختلفة من أهمها :

1- الطاقة الميكانيكية E : تظهر هذه الطاقة على شكلين رئيسيين هما :

أ) الطاقة الحركية K : وتعرف على أنها حاصل ضرب نصف كتلة الجسيم في مربع سرعته υ ورياضياً تكتب على الشكل التالي :

$$K = \frac{1}{2} m\upsilon^2 \qquad (6)$$

حيث m كتلة الجسيم و υ سرعته.

ب) طاقة الوضع U : وتعرف طاقة الوضع على أنها الطاقة التي يكتسبها الجسيم نتيجة وضعه أو حالته، ويقاس مقدار التغير في طاقة الوضع بمقدار الشغل الذي يستطيع أن يبذله الجسيم أثناء انتقاله من وضع ابتدائي إلى وضع آخر نهائي. ومن الأمثلة التي نعرفها هو أن جسماً ساكناً عند ارتفاع معين عن سطح الأرض إذا ترك ليسقط، فإنه يكتسب سرعة (أي طاقة حركية). فإذا سقط جسيم كتلته m من السكون عن ارتفاع h عن سطح الأرض فإن طاقته الحركية عندما يصل إلى الأرض تكون $K = \frac{1}{2} m\upsilon^2$. وتفسير ذلك هو أن النظام المكون من الجسيم والأرض كان يمتلك طاقة وضع عندما كان الجسيم ساكناً وتحولت هذه الطاقة المختزنة إلى طاقة حركية أثناء سقوط الجسيم.

ومن الجدير بالذكر هنا أن طاقة الوضع لا يمكن التعبير عنها بعلاقة رياضية محددة ولذا يكون لكل نظام طاقة وضع تعطى بعلاقة رياضية خاصة به وذلك على عكس طاقة الحركة.

هناك نظامان مهمان سنعرف لهما طاقة الوضع وهما :

1- طاقة وضع الجاذبية : وتعرف لجسيم كتلته m يوجد على ارتفاع h عن سطح الأرض كما يلي :

$$U = mgh \quad \text{.......................................} \quad (8)$$

حيث g تسارع الجاذبية الأرضية وبذلك اعتبرت طاقة الوضع لأي جسيم موجود على سطح الأرض مساوية للصفر.

2- طاقة الوضع المختزنة في زنبرك : عندما يضغط (أو يمغط) زنبرك فإن طاقة تختزن فيه وهذه الطاقة تسمى بطاقة وضع المرونة. ويستطيع الزنبرك المضغوط (أو الممغوط) القيام بشغل بسبب تلك الطاقة وتعرف كما يلي :

$$U = \frac{1}{2} kx^2$$

حيث k هو ثابت القوة للزنبرك وهو مقدار موجب دائماً، و x تساوي مقدار التغير في طول الزنبرك.

ومن الأمثلة الأخرى على طاقة وضع المرونة الطاقة التي تختزن أثناء شد قطعة من المطاط مثلاً.

وعليه تكون الطاقة الميكانيكية الكلية كما يلي :

$$E = K + U \quad \text{.......................................} \quad (10)$$

والطاقة الميكانيكية تكون محفوظة (أي قيمتها ثابتة) إذا انعدمت القوى المبددة كقوة الاحتكاك مثلاً.

2- الطاقة الشمسية : وهذا النوع هو أهم وأعظم طاقة عرفها الإنسان على الاطلاق ولولاها لانقرض الجنس البشري، وانعدمت الحياة على وجه الأرض فالإنسان والحيوان والنبات بحاجة لضوء الشمس وطاقتها لتستمد منها الحياة وتعد الشمس المصدر الرئيسي لجميع أشكال الطاقة الموجودة على سطح الكرة الأرضية فعملية البناء الضوئي في النبات والبترول. وطاقة الرياح والتيارات المائية تنشأ أصلاً بسبب الطاقة

الحرارية الشمسية وسنتحدث عن تركيب الشمس في الوحدة الخاصة بالفلك إن شاء الله تعالى.

3- الطاقة الكهربائية : وقد أصبحت هذه الطاقة ضرورة في حياة إنسان هذا العصر، فلا يكاد يخلو بيت من أداة يلزمها طاقة كهربائية لتشغيلها. وسوف نتعرف على تلك الطاقة بشكل مفصل أثناء دراسة فصلي الكهرباء والمغناطيسية.

4- الطاقة الكيماوية : وتنشأ هذه الطاقة عن تفاعل المواد الكيماوية مع بعضها ومن أبسط الأمثلة عليها الطاقة المستمدة من الأعمدة الكهربائية الجافة والسائلة التي نستخدمها في حياتنا.

5- الطاقة الحرارية : ويمكن أن تنشأ عن تحول أنواع أخرى من الطاقة. فمثلاً تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية في أسلاك المدفأة، وكذلك تتحول طاقة التفاعلات الكيماوية الناتجة عن الاحتراق لمشتقات النفط والأخشاب إلى طاقة حرارية.

6- الطاقة النووية : لقد تمكن الإنسان في هذا القرن من استنباط طاقة هائلة من التفاعلات النووية. وقد استعملت تلك الطاقة أولاً للأغراض العسكرية خلال الحرب العالمية الثانية. ولكن يجب أن نذكر أن هناك استخدامات سلمية كثيرة للطاقة النووية خاصة في توليد الطاقة الكهربائية وفي الطب والزراعة وغيرها. وتقسم الطاقة النووية إلى نوعين : الطاقة الانشطارية والطاقة الاندماجية.

وأخيراً يجب أن نشير هنا إلى أن أشكال الطاقة المختلفة يمكن أن تتحول من شكل إلى آخر، فطاقة الوضع تتحول إلى طاقة حركية، والطاقة الكيماوية إلى طاقة حرارية، والطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية كما في المولد الكهربائي، والطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية كما في المحرك. والطاقة الحرارية إلى كهربائية والطاقة الضوئية إلى كهربائية كما في الخلايا الكهروضوئية والبطاريات الشمسية وهكذا. كما أن الطاقة يمكن أن تنتقل بعدة طرق، منها على سبيل المثال التيارات المائية، والتيارات الهوائية، والأمواج الكهرومغناطيسية، وهكذا.

وقد ثبت صحة المبدأ القائل : «إن الطاقة لا تفنى ولا تتجدد أو تخلق، ولكن يمكن تحولها من شكل إلى آخر». وهذا المبدأ يسمى «مبدأ حفظ الطاقة».

الخلاصة

ناقشنا في هذا الفصل الطاقة وأشكالها وتحولاتها، وحاولنا قدر الإمكان ربط تحولات الطاقة في أشكال متعددة من حياتنا اليومية. وسنناقش في الفصل اللاحق موضوع الكهرباء الساكنة والكهرباء المتحركة.

أسئلة وتمارين

س1 : أذكر أشكال الطاقة المختلفة ثم أذكر إن أمكن مثالاً على أداة نستخدمها يومياً كتطبيق على هذا النوع من الطاقة.

س2 : يتحرك جسيم كتلته 10kg بسرعة مقدارها 50m/s. احسب الطاقة الحركية لذلك الجسيم.

س3 : وجد أن مقدار سرعة جسيم كتلته 2kg تساوي 10m/s عندما كان ارتفاعه عن سطح الأرض يساوي 5m. احسب :

أ) الطاقة الميكانيكية الكلية لذلك الجسيم.

ب) مقدار سرعة الجسيم عندما يصطدم بالأرض.

س4 : احسب الشغل اللازم لرفع جسم كتلته 5kg مسافة 20m نحو الأعلى بسرعة ثابتة.

س5 : شد زنبرك قوته 500N/m بحيث تغير طوله بمقدار 5cm. احسب :

أ) طاقة الوضع التي اختزنت في الزنبرك.

ب) الشغل الذي لزم لشده.

س6 : أذكر المصادر المختلفة التي تعرفها لكل نوع من أنواع الطاقة التي ورد ذكرها في هذا الفصل مبيناً التحولات الممكنة في تلك المصادر.

س7 : ما رأيك بموضوع ترشيد الطاقة واستهلاكها؟ بين أهمية هذا الموضوع والبدائل المتوفرة لحل هذه المشكلة.

الفصل السادس

الكهرباء الساكنة والمتحركة

مقدمة

لقد أدى اكتشاف الكهرباء واستخدامها إلى تطوير العالم الحديث وصناعته خلال القرن العشرين، إذ تعتمد الحياة العصرية على الكهرباء اعتماداً كاملاً. فقد أضحت جميع الأجهزة المنزلية تعتمد في تشغيلها على الكهرباء مثل أدوات الإضاءة والراديو والتلفزيون وأجهزة التدفئة والمحركات التي تشغل الآلات الصناعية وغيرها من الأجهزة التي يصعب حصرها.

وتعد الكهرباء أحد أشكال الطاقة، ويمكن انتاجها من الأنواع الأخرى للطاقة، كالطاقة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية أو الطاقة الميكانيكية. وتتميز الطاقة الكهربائية عن غيرها من أنواع الطاقة بنظافتها (خلوها من الدخان أو الرائحة)، وسهولة استخدامها وكفاءتها، كما يمكن نقل هذه الطاقة من مكان إلى آخر بسهولة.

يقال بأن الإنسان عرف الكهرباء في عام 600 قبل الميلاد، حيث لاحظ أن قطعة من الكهرمان المعدني عند دلكها بقطعة من القماش تجذب إليها قصاصات من الشعر أو الوبر، وتفقد تلك الخاصية بالرطوبة. وكان هذا سبب اشتقاق كلمة كهرباء من الكلمة اليونانية التي تطلق على الكهرمان وهي الكترون. كما اكتشف الإنسان المغناطيسية الطبيعية، حيث وجد أن حجارة معينة تجذب إليها قطع الحديد إذا وضعت بالقرب منها. ولم يكتشف الترابط الوثيق بين الكهرباء والمغناطيسية حتى أوائل القرن التاسع عشر الميلادي عن طريق العالم أورستد.

الشحنة والمادة

تتكون المادة في الطبيعة من العناصر الأساسية مثل الأكسجين والهيدروجين والحديد وغيرها. والذرة هي أصغر مكونات العنصر والتي تتماثل للعنصر الواحد في الخصائص، بينما تختلف ذرات العناصر المختلفة من حيث الكتلة والصفات الكيميائية وغيرها. أما الذرة فتتكون من جسيمات صغيرة هي الالكترونات والبروتونات والنيترونات. حيث تكون البروتونات والنيترونات في النواة في المركز، وتدور حولها الكترونات في مدارات محددة تماماً، كما تدور الكواكب في المجموعة الشمسية حول الشمس.

لقد عرف الالكترون اختيارياً بأنه سالب الشحنة، وأن البروتون موجب الشحنة، ومقدار شحنة الالكترون تساوي مقدار شحنة البروتون ويرمز لها بالرمز (e) وتساوي: 1.6×10^{-19} C

حيث يعد الكولوم الذي يرمز له بالرمز (C) وحدة لقياس الشحنات، وتعد (e) مرجعاً للشحنة الأولية لأنها أصغر الشحنات، وتتواجد الشحنات على الأجسام المادية المختلفة بكميات تساوي مضاعفات شحنة الالكترون (e) وهذا ما يسمى بتكميم الشحنة (Quan- tized Charge). أما النيترون فهو جسيم متعادل. ومن حيث الكتل فإن كتلة البروتون تعادل 1836 مرة من كتلة الالكترون، أما النيترون فكتلته تقريباً تساوي كتلة البروتون فقد وجد أن:

كتلة البروتون = $m_p = 1.6 \times 10^{-27}$ kg

كتلة النيترون = $m_n \approx m_p$

كتلة الالكترون = $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg

التوصيل الكهربائي

تكسب الذرة أو تفقد الكتروناً لكي تصبح أيوناً سالباً في حالة الكسب أو موجباً في حالة الفقدان. إن الالكترونات في المدارات الخارجية لبعض الذرات غير مقيدة تماماً، ويمكن أن تنتقل من ذرة إلى أخرى، وتسمى هذه بالالكترونات الحرة (Free Electrons)، وجميع العناصر أو المواد التي توجد بها الكترونات حرة تسمى بالموصلات (Conductors) وحركة الالكترون الحر في تلك الموصلات عشوائية، بينما تنتظم حركة الالكترونات الحرة في حالة وجود مجال كهربائي يؤثر عليها، والموصل الجيد يحتاج لعدد كبير جداً من تلك الالكترونات الحرة، وتعد الفضة والنحاس والألمنيوم، من أفضل العناصر الموصلة.

أما بعض المواد مثل الزجاج والمطاط والخشب واللدائن، فلا تحتوي على الكترونات حرة ولا تنتقل الالكترونات بين ذراتها، وتسمى هذه المواد بالمواد العازلة (Insulators). وبين المواد الموصلة والمواد العازلة توجد مواد هي أشباه الموصلات (Semi - Conductors) ومن أبرز العناصر المكونة لهذه المجموعة السيليكون والجرمانيوم ولها تطبيقات كثيرة مثل الترانزستورات مثلاً.

هذا ويمكن إزالة الالكترونات أو إضافتها إلى المواد العازلة حتى تصبح موجبة أو سالبة الشحنة. فعند دلك قضيب من الزجاج بقطعة من الحرير تصبح الالكترونات في المدارات الخارجية في ذرات قضيب الزجاج الخارجية حرة نتيجة الاحتكاك، وتنتقل إلى قطعة الحرير مخلفة وراءها شحنة موجبة على قضيب الزجاج وشحنة سالبة على قطعة الحرير.

قانون كولوم Coulomb's Law

تؤثر الأجسام المشحونة على بعضها البعض بقوى تجاذب أو تنافر. فالأجسام المتشابهة

بالشحنة تتنافر، بينما تتجاذب الأجسام المختلفة في الشحنة. وقد وجد كولوم عن طريق التجربة أن القوة المتبادلة بين شحنتين Q_1 و Q_2 تتناسب طردياً مع مقدار كل منهما وعكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما، ويكون اتجاه تأثيرها على الخط الواصل بين الشحنتين، ويكتب ذلك رياضياً كما يلي :

$$F = K \frac{Q_1 \; Q_2}{r2} \quad \text{.................................} \; (1)$$

حيث r هو البعد بين مركزي الشحنتين، وK ثابت يعتمد على الوسط الفاصل بين الشحنتين ويكتب على الشكل :

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 \; N.m^2/C^2$$

حيث ε_0 تمثل نفاذية الفراغ(Premitivity of Free Space) وتساوي $8.85 \times 10^{-12}\; C^2/$ $N.m^2$. ويجب تذكر أن قانون كولوم يطبق على الشحنات النقطية وأن القوة التي تؤثر بها كل شحنة على الأخرى هي كمية متجهة، وتعمل على الخط الواصل بين مركزي الشحنتين كما هو موضح في الشكل (1 - 6).

r

Q_1 F_{12} F_{21} Q_2

الشكل (1 - 6)

كما أن محصلة هذه القوى على النظام ككل تساوي صفراً لأنها حسب قانون نيوتن الثالث فعل ورد فعل مساو ومعاكس في الاتجاه.

مثال (1) :

مثل اتجاه القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين :

(1) سالبتين. (2) موجبتين. (3) شحنة موجبة وأخرى سالبة.

الحل :

(1) $\ominus \longrightarrow F \qquad F \longleftarrow \oplus$

(2) $\oplus \longrightarrow F \qquad F \longleftarrow \oplus$

(3) $F \longleftarrow \oplus \qquad \ominus \longrightarrow F$

مثال (2) :

احسب مقدار قوة الجذب بين الالكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين إذا علمت أن نصف قطر مدار الالكترون يساوي $5.3 \times 10^{-11} m$

الحل :

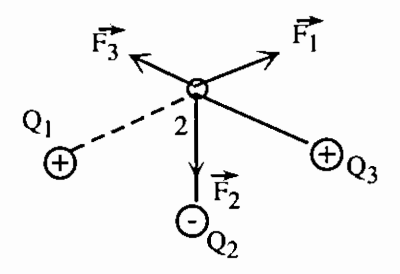
$$F = K \frac{(e)(e)}{r2} = 9 \times 10^{9} \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^{2}}{(5.3 \times 10-11)2} = 8.2 \times 10^{-8} N.$$

هذا وفي حالة حساب القوة المؤثرة على شحنة معينة بسبب وجودها في مجال مجموعة من الشحنات الأخرى، فيجب عندها حساب القوة المحصلة المؤثرة على تلك الشحنة.

المجال الكهربائي Electric Field

المقصود بمجال أي شيء هو تأثيره على بقية الأشياء في مكان وجود تلك الأشياء. ولذا فإن المنطقة التي تتأثر الشحنة الكهربائية بقوة أثناء وجودها فيها يوجد بها مجال كهربائي نتيجة وجود شحنات أخرى في تلك المنطقة. ومثال ذلك عند وضع شحنة q في منطقة فيها شحنات أخرى Q1 و Q2، ...الخ. فإنها تتأثر بقوة$\vec{F}$ هي عبارة عن المجموع المتجهة للقوى التي تؤثر بها الشحنات منفردة على q وهذه القوة كما هو موضح في الشكل (2 - 6) تعطى بالعلاقة:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots \qquad (2)$$



الشكل (2 - 6)

أن محصلة القوى المؤثرة على q تناسب طردياً مع قيمة q.

إن شدة المجال الكهربائي في نقطة ما تساوي القوة المؤثرة على وحدة الشحنات الموجبة إذا وضعت في تلك النقطة. وسنرمز للمجال الكهربائي بالرمز E وهو كمية متجهة ويعطى بالعلاقة:

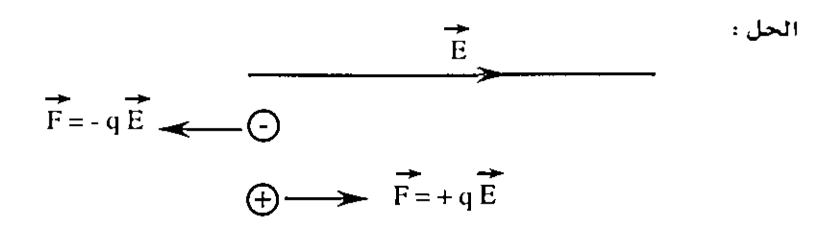
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \qquad (3)$$

وتقاس شدة المجال الكهربائي بوحدة (N/C)

مثال (3) :

مّثل متجه القوة المؤثرة على شحنة كهربائية q موجودة في مجال كهربائي يتجه نحو اليمين (1) إذا كانت موجبة. (2) إذا كانت سالبة.

الحل :



هذا ويمكن تمثيل المجال الكهربائي بخطوط قوى وتكون هذه الخطوط في كل نقطة عبارة عن مماس لاتجاه المجال الكهربائي في تلك النقطة.

مثال (4) :

مّثل خطوط مجال كهربائي منتظم اتجاهه نحو اليمين.

الحل :

$\vec{E}$

خطوط متوازية متباعدة عن بعضها بمسافات منتظمة بحيث يكون عدد الخطوط في وحدة المساحة ثابت.

مثال (5) :

مّثل خطوط المجال الكهربائي لشحنة نقطية :(1) موجبة. (2) سالبة.

الحل :

2 1

ونلاحظ أن زيادة عدد الخطوط في وحدة المساحة تمثل زيادة في شدة المجال الكهربائي ويكون العكس صحيحاً أيضاً.

يعرف تدفق المجال الكهربائي، ϕ_E ، من سطح ما بأنه عدد خطوط المجال المتدفقة من هذا السطح باتجاه عمودي عليه. فإذا كان السطح مستوياً والمجال ثابتاً فإن :

$$\phi_E = E\,A\cos\theta \quad (4)$$

حيث θ الزاوية بين المجال الكهربائي ومتجه مساحة السطح.

أما إذا لم يكن السطح مستوياً أو كان المجال الكهربائي غير منتظم على أجزاء السطح فإن التدفق يعطى بالعلاقة :

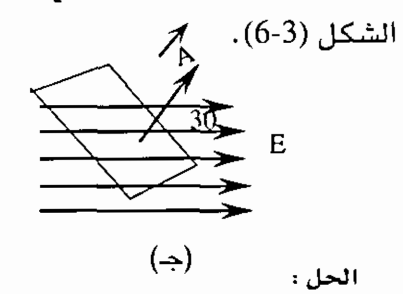
$$\phi_E = \int \vec{E}.\,d\vec{A} \quad (5)$$

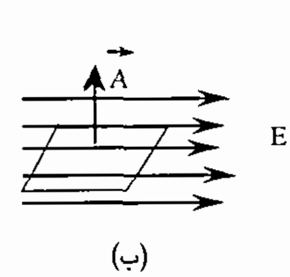
ومن أهم القوانين التي تستخدم في حساب المجال الكهربائي الساكن قانون غاوس (Gauss's Law) وينص على ما يلي : «إن تدفق المجال الكهربائي من خلال أي سطح مغلق يساوي محصلة الشحنة المحتواة داخل ذلك السطح مقسومة على نفاذية الوسط المحيط بتلك الشحنات». ورياضياً يكتب هذا القانون كما يلي :

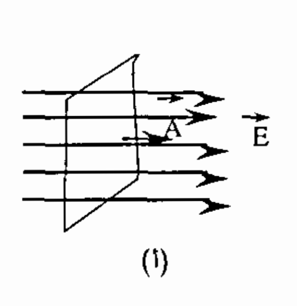
$$\phi_E = \oint \vec{E}.\,d\vec{A} = \frac{Q}{\varepsilon_0} \quad (6)$$

مثال (6) :

احسب التدفق الكهربائي من سطح مستو مساحته A في الحالات الموضحة في الشكل (3-6).







الحل :

أ) θ = صفر $\phi_E = EA\cos 0$

$= E\,A, \cos 0 = 1$

ب) $\theta = 90°$, $\phi_E = EA\cos 90°$

$= 0 \quad , \cos 90° = 0$

جـ) $\phi_E = EA\cos 30^\circ,\ 30 = \theta$

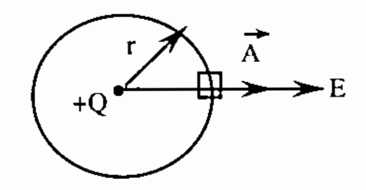
$$= \frac{\sqrt{3}\,EA}{2}\ ,\ \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

مثال (7) :

احسب المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة Q.

الحل :

نختار سطحاً حول هذه الشحنة هو عبارة عن سطح كرة نصف قطرها r ومركزها موقع الشحنة Q. وبسبب التماثل الكروي حول هذه الشحنة النقطية فإن قيمة المجال الكهربائي تكون ثابتة على هذا السطح والذي يسمى بالسطح الغاوسي (Gaussian Surface).



وعليه فإن :

مساحة سطح الكرة = $4\pi r^2$, $\phi_E = E(4\pi r^2)$

لكن

$$\phi_E = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

إذن

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\ \frac{1}{r^2} \qquad \text{.................................... (7)}$$

وتكمن أهمية قانون غاوس في استخدامه في حالة توزيع الشحنات الساكنة ذات التماثل العالي.

الجهد الكهربائي Electric Potential

إن كل جسم مشحون موضوع في مجال كهربائي يمتلك طاقة كامنة بسبب التأثير المتبادل بين شحنة ذلك الجسم وبين المجال. ويعرف الجهد الكهربائي في أية نقطة كانت بأنه الطاقة الكامنة (طاقة الوضع) في وحدة الشحنات الموضوعة في تلك النقطة. ويرمز للجهد الكهربائي بالرمز V ولذا فإن الجهد يعطى بالعلاقة :

$$E_p = qV \qquad \text{.................................... (8)}$$

أو .... $V = \frac{E_p}{q}$

حيث E_p هي طاقة الوضع ويقاس الجهد الكهربائي بوحدة J/C وتدعى هذه الوحدة بالفولت (Volt)، وعند تحرك الشحنة في مجال كهربائي فإنها تتحرك محولة طاقة وضعها إلى طاقة حركية نتيجة بذل شغل عليها.

وبما أن الشغل والطاقة كميات قياسية، فكذلك الجهد كمية قياسية، ويعطى فرق الجهد بين نقطتين جهديهما V_1 و V_2 بالعلاقة :

$$V_1 - V_2 = \frac{W}{q} \quad \text{.................................} \; (9)$$

حيث W هو الشغل اللازم لنقل الشحنة q من النقطة (2) إلى النقطة (1). ولذلك يكون فرق الجهد مقداره فولتاً واحداً بين نقطتين إذا كان الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها كولوم واحد يساوي جولاً واحداً. وإذا أخذنا الجسيمات الأساسية مثل الالكترون والبروتون فإن مقدار الشغل المبذول لنقل الشحنة (e) خلال فرق جهد مقداره فولت واحد يساوي الكترون فولت (eV) حيث :

$$1e\,V = 1.6 \times 10^{-19}\,J$$

ومن ملاحظة تعريف المجال الكهربائي والجهد الكهربائي نجد تشابهاً بينهما وبين مجال الجاذبية الأرضية وجهد الجاذبية (طاقة وضع الجاذبية).

والجدير بالذكر أنه إذا علمنا الجهد الكهربائي كدالة V (r) تعتمد على الموضع فإنه يمكن حساب المجال الكهربائي كما يلي :

$$E_s = - \frac{dV}{dS} \quad \text{.................................} \; (10)$$

حيث E_s محصلة المجال الكهربائي باتجاه الإزاحة dS والإشارة السالبة تبين بأن المجال الكهربائي يؤشر باتجاه نقصان الجهد الكهربائي، وكذلك فإن الجهد الكهربائي يعطى بالعلاقة :

$$V = - \int_{ref.}^{s} E_s \, dS \quad \text{.................................} \; (11)$$

فإذا كان المجال منتظماً فإن :

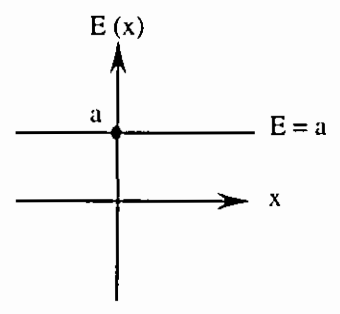
$$V = - ES \quad \text{.................................} \; (12)$$

مثال (8) :

إذا علمت أن V = -ax حيث x تقاس بالأمتار و V تقاس بالفولت فأوجد شدة المجال الكهربائي ووضح بالرسم تغير الجهد والمجال مع x.

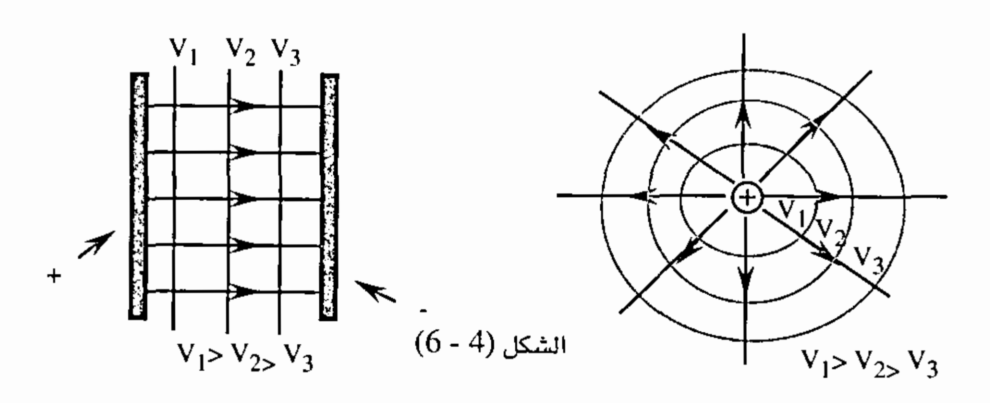
الحل :

$$E = -\frac{dV}{dX} = a \text{ Volt/m} = \text{ثابت}$$



ومما تقدم تلاحظ أنه إذا تحركت شحنة بالإتجاه العمودي على خطوط المجال الكهربائي، فإن طاقة حركتها لا تتغير. هذا ويمكن تمثيل الاتجاه العمودي على خطوط المجال بسطح يعرف باسم سطح تساوي الجهد (Equipotential Surface) ولذلك فإن الشحنات تتحرك على سطوح تساوي الجهد دون استهلاك أو زيادة لطاقتها، لأن قيمة فرق الجهد بين النقاط الواقعة على هذا السطح تساوي صفراً.

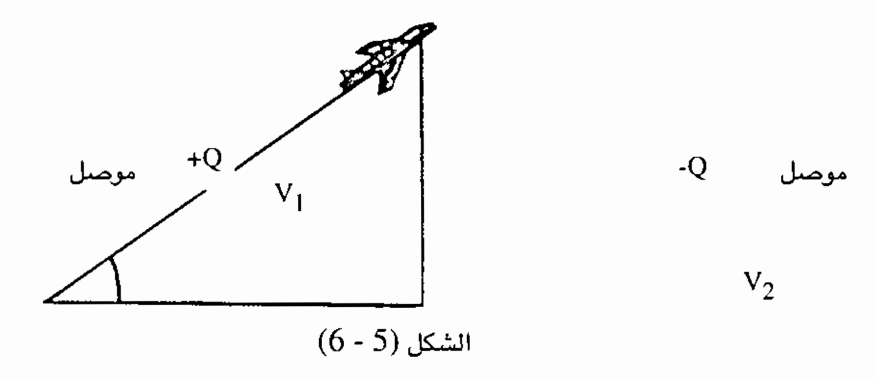
والشكل (4 - 6) يمثل خطوط المجال وسطوح تساوي الجهد لصفيحتين مشحونتين بشحنة منتظمة إحداهما موجبة والأخرى سالبة والآخر لشحنة نقطية موجبة.



الشكل (4 - 6)

المكثفات Capacitors

تعد المكثفات من النبائط الأساسية المستخدمة في معظم الأجهزة الكهربائية، وتعمل على تخزين الطاقة الكهربائية والشحنات وتوليد مجالات كهربائية لأغراض التحكم في حركة شحنات كهربائية معينة. والمكثف عبارة عن موصلين مشحونين بشحنتين متساويتين وغير متشابهتين يفصل بينهما وسط عازل، كما هو موضح في الشكل (5 - 6).



الشكل (5 - 6)

إن فرق الجهد بين الموصلين V يعرف كما يلي :

$$V = \frac{Q}{C} \qquad (13)$$

حيث C هي مواسعة المكثف المكون من الموصلين، و Q مقدار الشحنة على كل موصل.

إذن مواسعة المكثف تساوي :

$$C = \frac{Q}{V1 - V2} = \frac{Q}{V} \qquad (14)$$

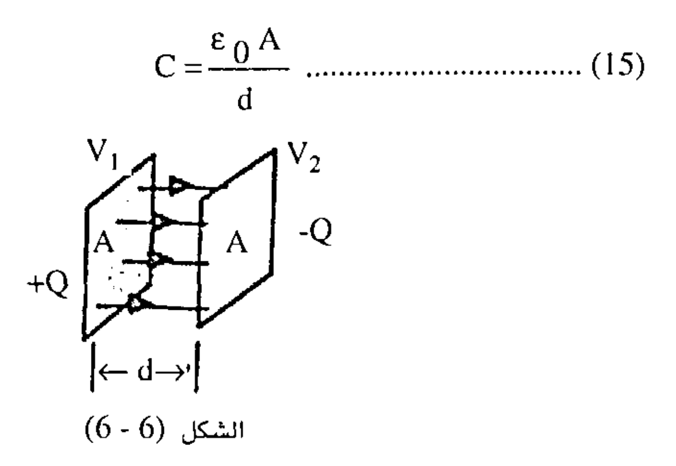
وتقاس المواسعة بوحدة (C/Volt) وتسمى هذه الوحدة بالفاراد (F) حيث :

$$1F = \frac{1C}{1\ Volt}$$

وهناك وحدات أخرى هي المايكروفاراد (μF) وتساوي $10^{-6}F$ والنانوفاراد (nF) وتساوي $10^{-9}F$ والبيكوفاراد (pF) وتساوي $10^{-12}F$. ومن أنواع المكثفات ما يلي :

*(1) المكثف ذو الصفيحتين المتوازيتين Parallel Plate Capacitor : ويتكون هذا المكثف من صفيحتين متساويتين في المساحة ومتشابهتين في الشكل على الغالب، ويكون البعد بين تلك الصفيحتين محدد، كما هو موضح في الشكل (6 - 6)، وتعطى مواسعة هذا المكثف بالعلاقة :

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d} \qquad (15)$$

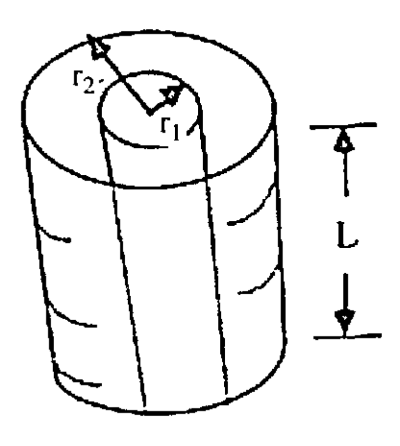


الشكل (6 - 6)

حيث A مساحة الصفيحة، ε_0 نفاذية الفراغ، و d البعد بين الصفيحتين.

(2) المكثف الاسطواني Cylindrical Capacitor، ويتكون هذا النوع من المكثفات من قشرتين اسطوانيتين متحدتين في المحور نصف قطر القشرة الداخلية r_1 ونصف قطر القشرة الخارجية r_2 وطول كل منها L، كما هو موضح في الشكل (7 - 6) ومواسعة هذا المكثف تعطى بالعلاقة :

$$C = \frac{2\pi \varepsilon_0 L}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \qquad (16)$$



الشكل(6-7)

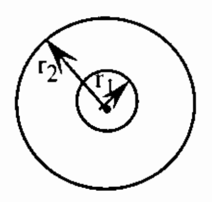
ومن أهم الأمثلة على هذا النوع من المكثفات، السلك المزدوج المتحد المحور (Coaxial Cable) والذي يستخدم في نقل الإشارات التلفزيونية من هوائي الاستقبال إلى جهاز الاستقبال. وبشكل عام يكون طول المكثف الاسطواني (L) أكبر بكثير من r_1 و r_2.

(3) المكثف الكروي Spherical Capacitor، ويتكون هذا النوع من المكثفات من قشرتين كرويتين متحدتين في المركز، نصف قطر الكرة الداخلي r_1 ونصف قطر الكرة الخارجية r_2. كما هو موضح في الشكل (8 - 6)، ومواسعة هذا المكثف تعطى بالعلاقة :

$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)} \qquad (17)$$

وإذا كان r_2 كبيراً جداً فإن :

$$C = 4\pi\varepsilon_0 r_1 \qquad (18)$$



الشكل (8 - 6)

وبذلك يمكن اعتبار أي كرة موصلة (أو قشرة كروية موصلة) بمثابة مكثف مواسعته $4\pi\varepsilon_0 r$ حيث r يمثل نصف قطر تلك الكرة.

ويلاحظ من المعادلات (15)، (16)، (17) أن مواسعة أي مكثف تعتمد على أبعاده وشكله الهندسي وعلى نوع الوسط الفاصل بين صفائحه.

وتكون الطاقة الكهربائية المختزنة في المكثف مساوية للشغل اللازم لنقل الشحنات الموجودة على صفيحتيه من اللانهاية إلى مكانها على صفيحتي المكثف، حيث يخزن هذا الشغل على شكل طاقة وضع U تعطى بالعلاقة :

$$U = \frac{Q^2}{2C}$$

$$U = \frac{1}{2} C V^2 \quad .... (19)$$

$$U = \frac{1}{2} Q V$$

هذا ويمكن توصيل المكثفات على طريقتين :

أولاً : على التوالي، انظر الشكل (9 - 6). ويكون مجموع فروق الجهد لهذه المنظومة مساوياً لـ :

$$V = V_1 + V_2 + ... + V_n = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... \frac{1}{C_n} \right) Q$$

الشكل (9 - 6)

ومنها يمكن أن تساوي مواسعة هذه المنظومة مواسعة مكافئة C تعطى بالعلاقة :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_2} \quad .... (20)$$

وبهذه الطريقة نحصل على مواسعة قيمتها أقل من قيمة اصغر مواسعة مكثف في المنظومة الموصولة على التوالي.

ثانياً : على التوازي، انظر الشكل (10 - 6)، ويكون فرق الجهد متساوياً بين صفائح هذه المكثفات، لذلك فإن مجموع شحناتها يساوي :

$$Q = Q + Q_2 + ... Q_n$$

$$= (C_1 + C_2 + ... + C_n)V$$

الشكل (10 - 6)

ومنها يمكن أن نستنتج أن هذه المنظومة من المكثفات الموصولة على التوازي تكافيء

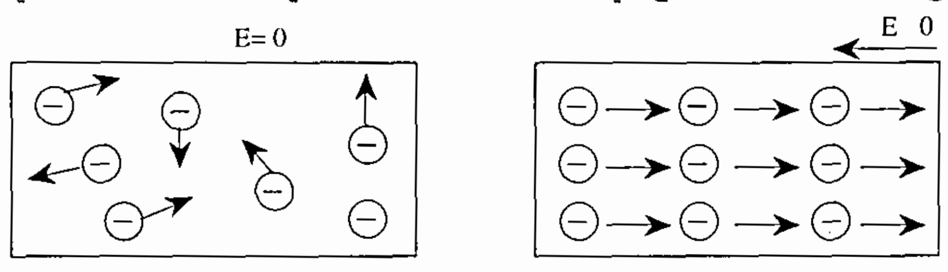
مكثفاً مواسعته تعطى بالعلاقة :

$$C = C_1 + C_2 + ... + C_n \qquad (20)$$

وبهذه الطريقة نحصل على مواسعة هي أكبر من أكبر مواسعة موصولة على التوازي في المنظومة.

التيار الكهربائي Electric Current

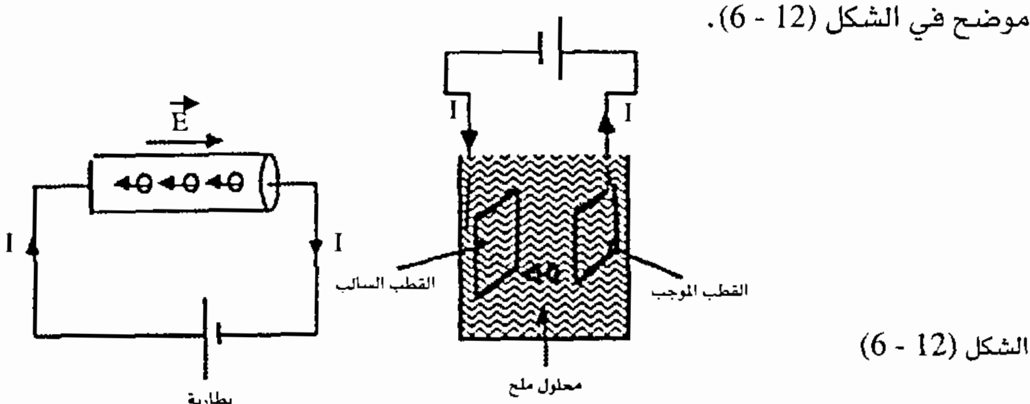
كما ذكرنا سابقاً، تحتوي المواد الموصلة على ناقلات حرة للشحنات مثل الالكترونات الحرة في المعادن والأيونات في محاليل الأملاح. وتكون حركة هذه الناقلات عشوائية في غياب مجال كهربائي خارجي. فإذا أثر مجال كهربائي على تلك الناقلات فإن حركتها تصبح منتظمة كما هو موضح في الشكل (11 - 6) وهذا يؤدي إلى توليد تيار كهربائي.



الشكل (11 - 6)

وبشكل عام يعرف التيار الكهربائي بأنه سيل من الشحنات تتحرك بسرعة انسياقية ثابتة.

فلو أخذنا سلكاً معدنياً من النحاس مثلاً ووصلنا طرفيه بمصدر للجهد (بطارية مثلاً) فإن مجالاً كهربائياً سينتج في السلك باتجاه مواز لسطحه يؤثر على الالكترونات الحرة داخل السلك بقوة تعمل على تحريكها في الاتجاه المعاكس لاتجاه المجال الكهربائي كما هو موضح في الشكل (12 - 6).



الشكل (12 - 6)

وقد اتفق على أن يكون اتجاه سريان التيار الكهربائي معاكساً لاتجاه حركة الشحنات السالبة مهما كان الموصل المستعمل سواء أكان معدنياً أو محلولاً لملح أو غاز متأين.

هذا ويعتمد التيار الكهربائي المار في موصل معين على قيمة فرق الجهد المؤثر على طرفي الموصل وعلى سرعة الشحنات الانسياقية في الموصل وعلى عدد تلك الشحنات المتواجدة في وحدة الحجوم من ذلك الموصل.

وسنرمز للتيار الكهربائي بالرمز I ويعرف التيار بمعدل الشحنة المارة في مقطع موصل معين في وحدة الأزمان، ويكتب ذلك :

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{.................................} \quad (22)$$

وقيمة التيار اللحظية $I(t)$ تعطى بالعلاقة :

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} \quad \text{.................................} \quad (23)$$

حيث $Q = Q(t)$ دالة تعتمد على الزمن، ويعرف التيار لموصل معين بالعلاقة :

$$I = n\, e\, \upsilon\, A \quad \text{.................................} \quad (24)$$

حيث n عدد الالكترونات الحرة في وحدة الحجوم، و e مقدار شحنة الالكترون، υ سرعة الالكترونات الانسياقية، وA مساحة مقطعه. ويجب الانتباه إلى أن n تختلف من عنصر إلى آخر بسبب اختلاف عدد الكترونات التكافؤ كما تعتمد υ على درجة حرارة الموصل بشكل عام ومقدار المجال الكهربائي.

إن وحدة قياس التيار الكهربائي هي الأمبير Ampere ويرمز له بالرمز A حيث أن تياراً مقداره أمبير واحد يعني مرور شحنة مقدارها كولوم واحد خلال ثانية واحدة من مقطع ذلك الموصل أي :

$$1 \text{ Ampere} = \frac{1 \text{ coulmb}}{1 \text{ second}}$$

$$1A = 1c/s$$

قانون أوم Ohm's Law

لقد وجد العالم أوم أنه عند تطبيق فرق جهد V بين طرفي موصل معين وسريان تيار كهربائي I في ذلك الموصل تكون النسبة بين فرق الجهد والتيار ثابتة وأطلق على هذه النسبة اسم المقاومة. فإذا رمزنا للمقاومة بالرمز R فإن :

$$R = \frac{V}{I}$$

أو

$$V = I\,R \quad \text{.................................} \quad (25)$$

وهذه العلاقة يطلق عليها اسم قانون أوم.

وتقاس المقاومة R بوحدة الأوم (Ohm) ويرمز للأوم بالرمز Ω أي أن :

$$1\,\Omega = \frac{1\ \text{Volt}}{1\ \text{Ampere}} = \frac{1\ \text{V}}{1\ \text{A}}$$

ومن الجدير بالذكر أن مقاومة المواد تعتمد على درجة الحرارة، فقد وجد أن كثيراً من الموصلات تنقص مقاومتها إذا انخفضت درجة حرارتها وقد تصل مقاومة الموصل إلى الصفر في بعض المواد عند درجة حرارة منخفضة جداً وهذه المواد يطلق عليها مفرطات الموصلية. وسبب وجود المقاومة للموصل هو الاصطدامات التي تحصل أثناء حركة ناقلات الشحنة (الالكترونات) مع التركيب البلوري للمادة وهذا التركيب البلوري ذو نمط هندسي متناسق حيث تحدث التصادمات بين الالكترونات والذرات المكونة لذلك التركيب المسمى بالشبيكة (Lattice) البلورية للمادة. وينقص عدد هذه التصادمات كلما نقصت درجة الحرارة بشكل عام وبذلك تقل المقاومة.

القدرة الكهربائية (Electric Power)

إن الحفاظ على سريان تيار كهربائي في موصل ما يتطلب طاقة بسبب حركة الالكترونات (أو الأيونات في محلول) في وجود مجال كهربائي معين. والقدرة بشكل عام تعرف على أنها معدل الشغل (الطاقة) المبذول في وحدة الزمن. فإذا رمزنا للقدرة بالرمز P فإن القدرة اللحظية تساوي :

$$P = \frac{dw}{dt} \quad \text{.................................} \quad (26)$$

حيث W الشغل المبذول خلال زمن t، ومتوسط القدرة P يعرف على أنه :

$$P = \frac{\Delta w}{\Delta t} \quad \text{.................................} \quad (27)$$

حيث ΔW الشغل المبذول في فترة زمنية تساوي Δt. ومن المعادلة يتضح أن وحدات القدرة تساوي جول / ثانية (J/S) وتسمى هذه الوحدة بالواط Watt (واط = جول/ ثانية).

لنفرض أن شحنة مقدارها ΔQ نقلت خلال الموصل في زمن Δt بحيث كان فرق الجهد بين طرفي الموصل V فتكون القدرة المطلوبة للمحافظة على ذلك التيار :

$$P = \frac{(\Delta Q)\,V}{\Delta t} = IV \quad \text{.................................} \quad (28)$$

وباستخدام قانون أوم يمكن كتابة القدرة كما يلي :

$$P = IV$$

$$= I^2R$$

$$= \frac{V^2}{R} \quad \text{.................................} \quad (29)$$

ونعلم أن الأجهزة الكهربائية المستخدمة في بيوتنا كثيرة ومتنوعة، فالراديو والتلفزيون والغسالة والثلاجة والمكواة، كلها تستهلك طاقة كهربائية وندفع في نهاية كل شهر ثمن تلك الطاقة. ويمكن حساب الطاقة الكهربائية المستهلكة من معرفة قدرة استهلاك تلك الأدوات الكهربائية للطاقة. فإذا رمزنا للطاقة الكهربائية بالرمز U فإن :

$$U = Pt$$

$$= IVt \quad \text{.................................} \quad (30)$$

حيث I, V الجهد والتيار الكهربائي اللازمين لتشغيل تلك الأجهزة خلال زمن مقداره t. واعتبرنا هنا أن V و I ثابتين لا يعتمدان على الزمن.

مثال (9) :

مدفأة كهربائية قدرتها 2000 واط، تحتاج إلى جهد قدره 220 ڤولت. احسب :

أ) مقاومة أسلاك المدفأة.

ب) تكلفة تشغيل تلك المدفأة لمدة عشر ساعات متواصلة إذا كان سعر الكيلو واط ساعة يساوي خمسين فلساً.

الحل :

أ) نستخدم العلاقة :

$$P = \frac{V^2}{R}$$

إذن

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220)^2}{2000}\ \Omega$$

$$= 24.2\ \Omega$$

ب) تستخدم العلاقة :

$$U = Pt$$

$$= (2000)\ (10) \quad \text{Watt-hour}$$

$$= 20 \ \text{Kilowatt-hour}$$

إذن التكلفة = 20 X 50 فلساً.

= 1000 فلس = دينار واحد.

وهنا يجب أن نذكر أن الوحدة كيلو واط ساعة هي وحدة طاقة وتستخدم بكثرة في حياتنا العملية خاصة في فواتير الكهرباء الشهرية التي ندفعها.

القوة الدافعة الكهربائية والدارات الكهربائية

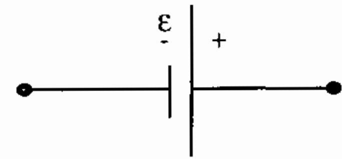
إن المصادر التي تمدنا بالطاقة الكهربائية كثيرة ومتنوعة، فهناك المولد الكهربائي والبطاريات الجافة والسائلة والخلايا الضوئية وغيرها. وجميع هذه المصادر تسمى مصادر القوة الدافعة الكهربائية، وسنرمز للقوة الدافعة الكهربائية بالرمز ε. فإذا وصل أحد هذه المصادر (بطارية مثلاً) فإنه يدفع الشحنات الكهربائية السالبة من طرفه السالب إلى طرفه الموجب ويتسبب ذلك في سريان تيار كهربائي. ويمكن تعريف القوة الدافعة الكهربائية على أنها مقدار الشغل الذي يبذله المصدر لنقل وحدة الشحنات الكهربائية الموجبة في الدارة، أي أن :

$$\varepsilon = \frac{W}{q} \quad \text{.................................} \ (31)$$

حيث W تمثل الشغل الكلي المبذول في نقل شحنة مقدارها q، ويلاحظ من هذه المعادلة أن وحدة القوة الدافعة الكهربائية هي جول / كولوم. وهذا ما عرفناه بالڤولت، فوحدة القوة الدافعة الكهربائية هي نفس وحدة الجهد الكهربائي.

تتكون أي دارة كهربائية من عناصر ثلاثة على الأغلب :

1) مصدر القوة الدافعة الكهربائية : ويمثل في الدارة بالشكل :



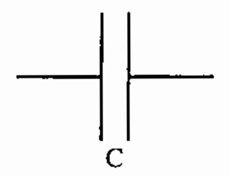
ووظيفة المصدر هو توليد فرق جهد معين.

2) المقاومة : وتمثل في الدارة على الشكل :



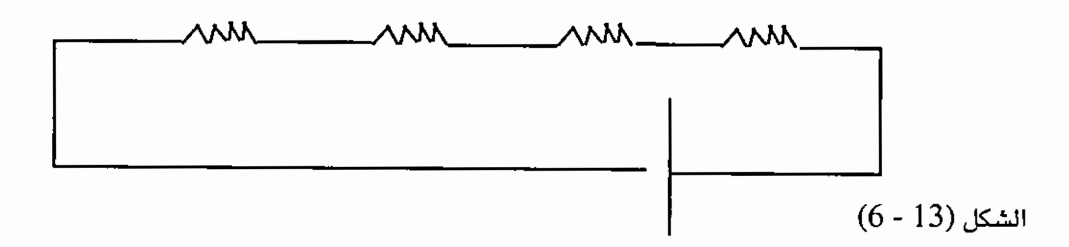
وأهمية المقاومة تكمن في تحديد قيمة التيار المار في الدارة وتستهلك في تلك المقاومة الطاقة الكهربائية على شكل حرارة

3) المكثف : ويمثل في الدارة على الشكل :

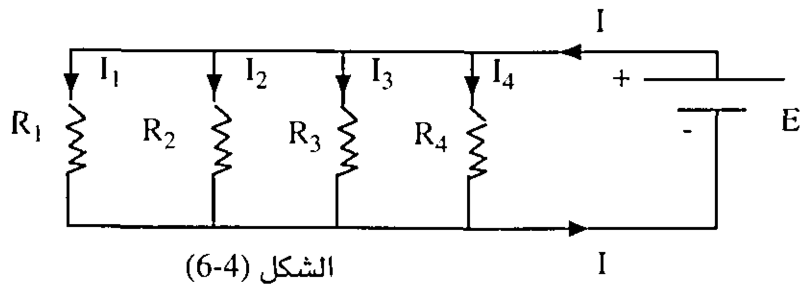


ويمكن خزن الطاقة الكهربائية فيه بسبب شحن صفائحه بمقدار معين من الشحنة.

توصل عناصر الدارة بطريقتين أساسيتين : أما على التوالي أو على التوازي. في دارة التوالي توصل جميع العناصر طرفاً بطرف ويسري تيار موحد بكل عنصر وينقسم الجهد للمصدر بين تلك العناصر بسبب مقاومة هذه العناصر. أما في دارة التوازي فيوصل كل طرف بجميع العناصر في نقطة واحدة ويكون فرق الجهد ثابتاً على جميع العناصر بينما يكون التيار الكلي هو مجموع التيارات في كل عنصر. وهذا ما يوضحه الشكل (13 - 6) والشكل (14 - 6).



الشكل (13 - 6)



الشكل (6-4)

في حالة التوصيل على التوالي نجد من الشكل (13 - 6) أن :

$$\varepsilon = I\,(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) = I\,R$$

أي أن هذه المقاومات الموصولة على التوالي تكافيء مقاومة R تساوي :

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

وبشكل عام فإن :

$$R = R_1 + R_2 + ... + R_n \qquad (32)$$

إذا كان عدد المقاومات الموصولة في الدارة n.

أما في حالة التوصيل على التوازي فنجد من الشكل (14 - 5) أن :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$
$$= \varepsilon\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)$$

أي أن هذه المقاومات الموصولة على التوازي تكافيء مقاومة R بحيث :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

وبشكل عام :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n} \qquad (30)$$

وتتضح أهمية توصيل المقاومات على التوالي في تجزئة الجهد الكهربائي إلى أجزاء متساوية أو غير متساوية وهذا هو أساس بناء مجزئات الجهد ذات الأهمية الكبرى في أجهزة القياس والأجهزة الالكترونية بشكل عام.

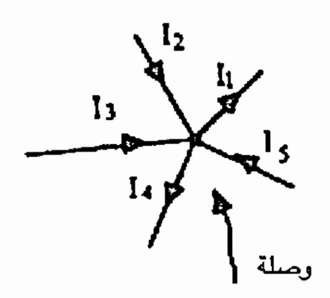
أما دارات التوازي فهي الأكثر استخداماً في حياتنا العامة حيث تشغل الأجهزة

الكهربائية في بيوتنا على مصدر واحد. ويسحب كل جهاز التيار المناسب لتشغيله، ولذلك فإن التوصيل على التوازي هو أساس بناء مجزئات التيار الكهربائي.

تكون الدارات الكهربائية معقدة ومرهقة بشكل عام أثناء تحليلها ودراستها ولا يمكن حلها إلا بتبسيطها إلى دارات توال أو تواز. وهناك قوانين للدارات الكهربائية أهمها قانونا كيرشوف لكثرة استعمالهما.

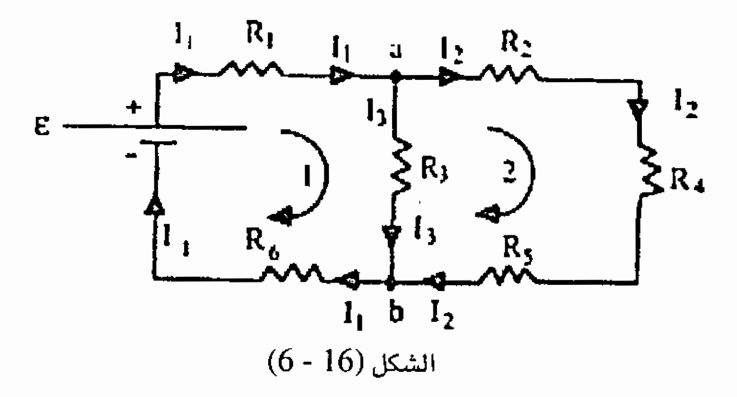
(1) ينص القانون الأول ببساطة على أن : «مجموع التيارات الكهربائية عند وصلة ما بالدارة يساوي صفراً» كما هو موضح في الشكل (15 - 6) كما يجب مراعاة اعطاء اشارات متعاكسة للتيارات الداخلة والخارجة من الوصلة أي أن :

$$-I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0$$



الشكل (15 - 6)

(2) ينص القانون الثاني لكيرشوف على أن : «مجموع فروق الجهد على مكونات أي دارة مغلقة يساوي صفراً». كما هو موضح في الشكل (16 - 6).



الشكل (16 - 6)

ومن هذا الشكل يمكن أخذ المسار (1) حيث تكون فروق الجهد على هذا المسار تساوي صفراً. ويجب مراعاة الإشارات الصحيحة لفروق الجهد، اذ يجب تذكّر أن التيار

الكهربائي يسري باتجاه انحدار الجهد وعليه نجد أن :

$$\varepsilon - I_1 R_1 - I_3 R_3 - I_1 R_6 = 0$$

وللمسار (2) نجد أن :

$$I_3 R_3 - I_2 R_2 - I_2 R_4 - I_2 R_5 = 0$$

وفي الشكل (15) وصلتان هما a و b حيث عند a تكون مجموع التيارات تساوي صفراً، أي:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

وهنا تعد التيارات الداخلة في الوصلة موجبة والخارجة منها سالبة.

مثال (10) :

في الشكل (15) إذا كان $R_1 = R_2 = R_5 = 2\Omega$

و $R3 = R4 = R6 = 10\Omega$ وكانت $\varepsilon = 10$ Volts فأوجد التيارات في فروع الدارة .

الحل :

باستخدام المعادلات السابقة نجد أن :

$$I0 - 2I_0 - 10I_3 - 10I_1 = 0$$

$$10I_3 - 2I_2 - 10I_2 - 2I_2 = 0 \text{ .... } (1)$$

وكذلك :

$$10I_3 = 2I2 - 10I2 - 2I2 = 0$$

$$1103 - 1412 = 0 \text{ ..}(2)$$

ومن مجموع التيارات عن الوصلة (R) نحصل على :

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \text{ .... } (3)$$

والآن لدينا ثلاث معادلات من الدرجة الأولى فيها ثلاثة مجاهيل I_1, I_2, I_3 وعند حل هذه المعادلات نجد أن :

$I_1 = 0.56$ Amp

$I_2 = 0.23$ Amp

$I_3 = .033$ AmP

الخلاصة

تعرضنا في هذا الفصل إلى دراسة الكهرباء الساكنة والمتحركة، فقد درسنا طبيعة الشحنة والمادة، والتوصيل الكهربائي، وقانون كولوم، والمجال الكهربائي، والجهد الكهربائي، إضافة إلى دراسة المكثفات وأشكالها المختلفة. كما درسنا طبيعة التيار الكهربائي، وقانون أوم والقدرة الكهربائية والدارات الكهربائية وتطبيقاتها العملية، وسنناقش في الفصل اللاحق المفاهيم المتعلقة بالمغناطيسية، وتطبيقاتها.

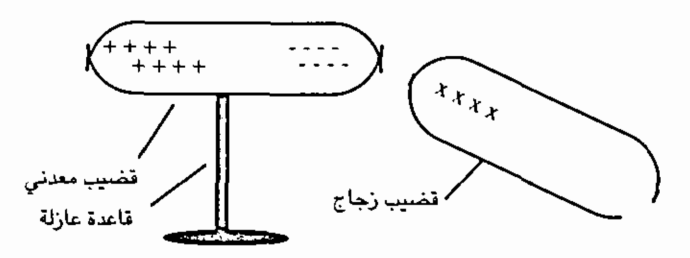
أسئلة وتمارين

س1 : فسر ما يلي :

أ) عند تقريب قضيب مشحون من قطع صغيرة جداً من الفلين الجاف، فإنه يجذبها ولكن عند لمسها تجد أن تلك القطع تتباعد عن القضيب بشكل عشوائي وفوري.

ب) يصبح جسم الإنسان مشحوناً عندما يمشي على سجادة عميقة النسيج وتظهر شرارة صغيرة عند إمساك المقبض المعدني للباب.

جـ) إذا قربت قضيباً مشحوناً من الزجاج من طرف قضيب معدني آخر معزول وغير مشحون، تتجمع الالكترونات عند ذلك الطرف كما هو موضح في الشكل.



س2 : إذا كانت $V=0$ (أي الجهد) فهل من الضروري أن يكون المجال الكهربائي $E = 0$ أيضاً؟ اشرح إجابتك.

س3 : وضعت شحنتان نقطيتان $Q_1 = 5 \times 10^{-5}$ C, $Q_2 = 2 \times 10^{-5}$C في نقطتين، البعد بينهما 0.5m. أوجد مقدار القوة المؤثرة على أي منهما.

س4 : وضعت ثلاث شحنات على محور السينات كما يلي

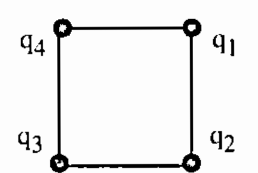
$Q_1 = +4\mu C$ عند $x=0$، $Q_2 = +2\mu C$ عند $x=0.5$، $Q_3 = -5\mu C$ عند $x=1m$ احسب

القوة المؤثرة على كل من Q_2 ، Q_3.

س5 : احسب المجال الكهربائي للشحنات المذكورة في السؤال السابق عند x=2m.

س6 : إذا كان فرق الجهد بين النقطتين A و B هو 50v فما هو الشغل اللازم لنقل بروتون من A و B.

س7 : وضعت أربع شحنات على رؤوس مربع طول ضلعه يساوي 1m كما هو موضح في الشكل.



إذا كانت $q_1 = q_3 = 20\mu C$

و $q_2 = q_4 = -30\mu C$ فاحسب الجهد عند مركز المربع.

س8 : فسر لماذا يقوم الإنسان بتوصيل بطاريتين على التوالي.

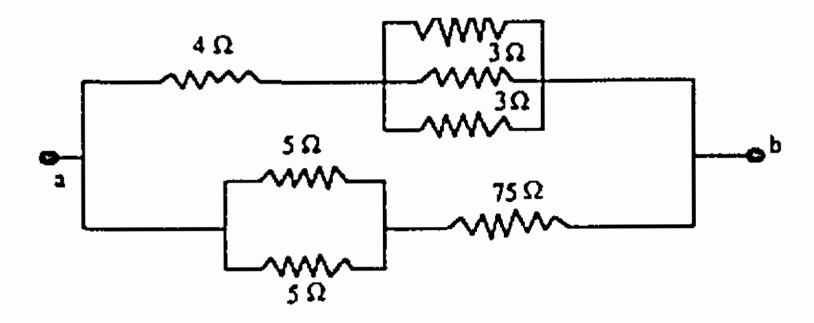
س9 : عند توصيل صفيحتي المكثف بالبطارية تكتسب كل صفيحة من صفائح المكثف نفس المقدار من الشحنة ولكن تكون إحداهما موجبة والأخرى سالبة. علل ذلك.

س10 : صنع مكثف من صفيحتين دائريتين متوازيتين نصف قطر كل منهما 4cm وكان البعد بينهما 1mm. شحن المكثف حتى أصبح فرق الجهد بين صفيحتيه يساوي 100V. احسب:

أ) مواسعة المكثف. ب) مقدار الشحنة على كل من الصفيحتين.

س11 : شحن مكثف مواسعته $2\mu F$ بواسطة مصدر جهده 200v لمدة طويلة. احسب الطاقة المختزنة في ذلك المكثف.

س12 : أوجد المقاومة المكافئة للدارة الكهربائية المرسومة في الشكل بين النقطتين a و b.



س13 : شغلت غسالة يلزمها 500W لمدة ثلاث ساعات وشغل مجفف غسيل (نشافة) يلزمه 1500W لمدة ساعة واحدة. إذا كان سعر الكيلو واط ساعة هو ثلاثين فلساً. فاحسب تكلفة تشغيل هاتين الأداتين.

الفصل السابع
المغناطيسية

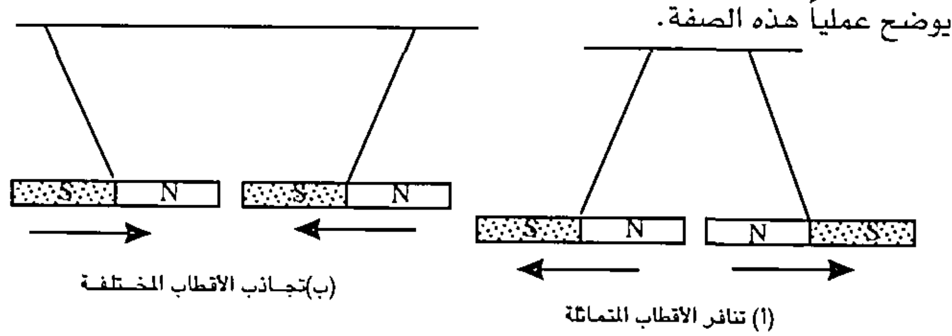
مقدمة

لقد اكتشف الانسان المغناطيسية منذ اكثر من الف سنة قبل الميلاد حيث وجد ان بعض خامات الحديد تجذب قطعاً صغيرة من الحديد. وقد استخلص اسم المغناطيسية من اسم مدينة قديمة في اسيا الصغرى تدعي ماغنيسيا حيث يعتقد ان المغناطيسية قد اكتشفت للمرة الأولى في تلك المدينة.

وقد كانت الظواهر المغناطيسية تُدرس على أنها مستقلة عن التأثيرات الكهربائية حتى عام 1820 م ، حيث جاء العالم هانز أورستد ولاحظ العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية بعد أن اكتشف أن الإبرة المغناطيسية تنحرف إذا ما اقتربت من سلك يمر به تيار كهربائي. وبعد هذا الاكتشاف تمت معرفة أن المجالات المغناطيسية تحدث نتيجة لسريان التيار الكهربائي حتى بالنسبة للمغناطيس الدائم لأن مغناطيسيته نتجت عن تيارات صغيرة سببها حركة داخل ذرات المادة.

اذا ترك قضيب مغناطيسي معلقاً بسلك في نقطة على سطح الأرض ودار هذا القضيب بحرية حول خط عامودي فسيأخذ القضيب موضعاً ثابتاً تكون احدى نهايتيه باتجاه القطب الجغرافي الشمالي للكرة الأرضية وهذه النتيجة تدل على ان الارض تؤثر بقوة معينة على الاجسام الممغنطة. ويسمى طرف المغناطيس الذي يشير الى الشمال القطب الشمالي (North Pole) وكذلك الحال بالنسبة للقطب الذي يشير الى الجنوب فإنه يسمى القطب الجنوبي (South Pole).

لقد وجد أن الأقطاب المتماثلة تتنافر بينما تتجاذب الاقطاب المختلفة والشكل (1 - 7) يوضح عملياً هذه الصفة.



(ب)تجاذب الاقطاب المختلفة

(أ) تنافر الاقطاب المتماثلة

الشكل (1 - 7)

وإذا صنع الانسان كرة من مادة مغناطيسية فسيجد انها تحتفظ بقطبين احدهما شمالي (N) والآخر جنوبي (S) ويؤكد ذلك ان للأرض قطبين موجودين في نهايتي محور دورانها وتميز القطب المغناطيسي الشمالي للأرض بقطبيه جنوبية بالتعريف نظراً لأنه يجذب القطب الشمالي للابرة المغناطيسية والعكس بالعكس. وقد اوضحت القياسات الحديثة حقيقة عدم انطباق القطبين المغناطيسيين للارض مع القطبين الجغرافيين اللذين تدور الارض حول المحور المار بهما.

لقد كان الاعتقاد بأن الحديد والفولاذ والمغانط الحديدية الطبيعية هي المواد المغناطيسية الوحيدة. وقد وجد فيما بعد ان بعض المواد مثل النيكل والكوبلت وسبائك النحاس والقصدير والمنغنيز لها خصائص مغناطيسية.

هذا ويمكن مغنطة بعض المواد بالتأثير بالطرق التالية وهي:

1 - بالطّرق بعد تثبيت المادة المغناطيسية في اتجاه مجال الارض المغناطيسي.

2 - تقريب المادة المغناطيسية من مغناطيس طبيعي او لمسه او بواسطة الدلك.

3 - تسخين المادة المغناطيسية وتركها تبرد في مجال مغناطيسي.

4 - امرار تيار كهربائي بملف محيط بقطعة من مادة مغناطيسية.

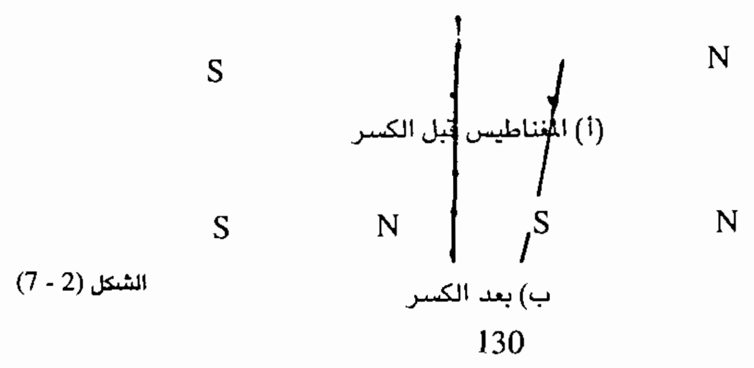
ويمكن ازالة مغناطيسية جسم ما بالطرق التالية:

1 - التسخين.

2 - امرار تيار معاكس في ملف يحيط بالمغناطيس.

3 - وضع المغناطيس في مجال مغناطيسي معاكس.

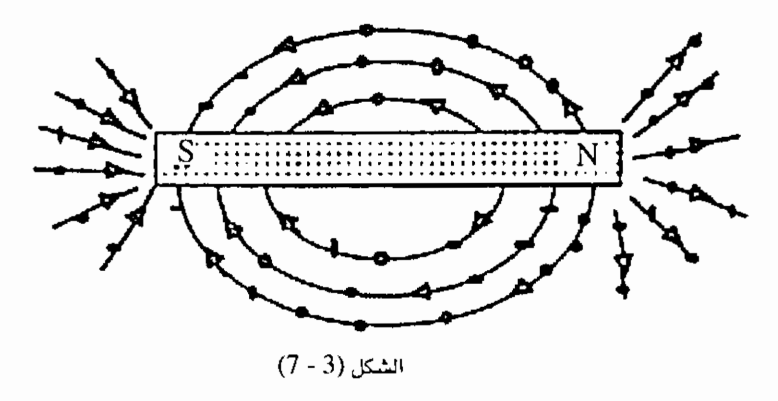
والجدير بالذكر أن كسر المغناطيس الطبيعي لا يؤدي إلى فصل قطبه الشمالي عن قطبه الجنوبي حيث يظهر قطبان جديدان معكوسي القطبية عند الطرفين المكسورين كما هو موضح في الشكل (2 -7).



الشكل (2 - 7)

وهذا يؤكد ان المادة المغناطيسية تتكون من ذرات (جزئيات) مرتبة في اتجاه واحد.

ويمكن تخطيط المجال المغناطيسي بطريقة بسيطة وهي رش برادة من الحديد على ورقة وتقريب مغناطيس طبيعي منها فتترتب برادة الحديد على شكل خطوط هي عبارة عن خطوط المجال المغناطيسي كما هو موضح في الشكل (3 -7).



الشكل (3 - 7)

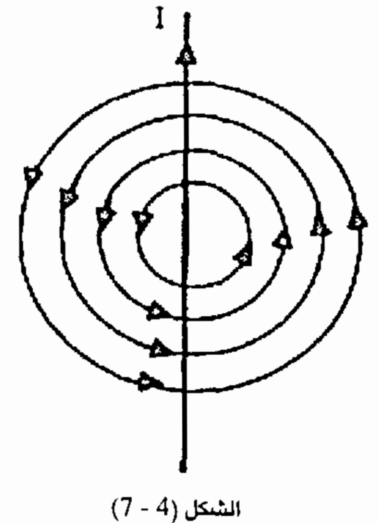
ويتضح من هذه التجربة البسيطة ان خطوط المجال المغناطيسي تخترق المواد غير المغناطيسية. وقوة الجذب عند الطرفين (القطبين) هي أكبر ما يمكن، وتقل قوة الجذب كلما ابتعدنا عن القطبين، واقترينا من المنتصف، حيث تنعدم تقريباً قوة الجذب عند المنتصف، وتسمى منطقة انعدام الجذب بمنطقة الخمود.

الخواص المغناطيسية للمواد

إن ظاهرة تمغنط المواد نتيجة وضعها تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي يعود إلى سببين؛ الأول، تراصف الذرات والجزيئات التي تمتلك عزوماً مغناطيسية دائمة. الثاني، هو التغير الذي يحدث في حركة الالكترونات في ذرات المادة. وتُقسم المواد حسب قدرتها على التمغنط الى ثلاثة اقسام، المواد الفرومغناطيسية، والمواد البارامغناطيسية، والمواد الديامغناطيسية. ولا داعي للخوض في خواص المواد المغناطيسية في هذا الكتاب.

تُعد ظاهرة الكهرومغناطيسية من اهم مظاهر عالمنا الحديث. والذي تطوّر بعد اكتشاف اورستد في عام 1820 م العلاقة الوطيدة بين الكهرباء والمغناطيسية عندما لاحظ ان ابرة البوصلة تنحرف عند تقريبها من سلك حامل لتيار كهربائي وتستقر في اتجاه محدد وهذا يدل على وجود عزم مغناطيسي يؤثر عليها. وقام اورستد بعد ذلك بتخطيط المجال المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي في سلك موصل باستخدام برادة الحديد والشكل (4 - 7) يوضح خطوط المجال المغناطيسي لسلك يحمل تياراً معيناً وهي عبارة عن دوائر مركزها محور السلك.

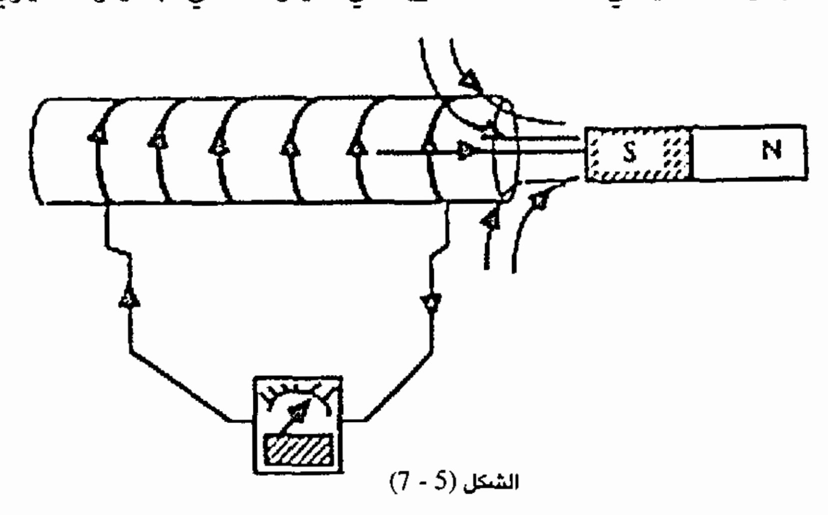
وقد تطور علم الكهرومغناطيسية بعد اكتشاف اورستد بشكل سريع بواسطة علماء من أمثال امبير وماكسويل وفارادي وغيرهم.



الشكل (4 - 7)

لقد كان الرأي السائد انه اذا كان للتيار الكهربائي اثر مغناطيسي فمن الطبيعي ان يُتوقع اثر عكسي اي وجود تأثير كهربائي للمجال المغناطيسي.

وقد كان فارادي الرائد في هذا المجال إذ لاحظ ان تحريك مغناطيس خلال ملف من السلك يتصل مع جلفانوميتر يؤدي الى انحراف ابرة الجلفانوميتر نفسه كما هو موضح في الشكل (5 - 7). وهذا يدل على تولد تيار كهربائي في ذلك الملف هذا وتَثْبت ابرة الجلفانوميتر عند ثبات المغناطيس وعدم تحريكه. ويدعى هذا التأثير الكهربائي للمجال المغناطيسي بالحث الكهرومغناطيسي. وتفسير ذلك الاثر ان التيار الكهربائي هذا ينتج عن قطع خطوط المجال المغناطيسي لاسلاك الملف ويسمي التيار الناشيء بالتيار التأثيري.



الشكل (5 - 7)

وتعرف الآلات التي تنتج التيارات الكهربائية بهذه الطريقة بالمولدات الكهربائية.

المجال المغناطيسي

ينشأ المجال المغناطيسي حول المغانط الطبيعية او حول الاسلاك التي تحمل تياراً

كهربائيا معينا. وقد ذكرنا كيفية تخطيط المجال المغناطيسي باستخدام برادة الحديد. ويمكن تخطيط المجال المغناطيسي باستخدام ابرة بوصلة حيث يشير وضعها في نقطة معينة حول سلك حامل للتيار الكهربائي الى اتجاه خطوط المجال المغناطيسي. وكما دلت كثافة خطوط المجال الكهربائي على شدته فكثافة خطوط المجال المغناطيسي (في وحده المساحة) تمثل شدة المجال المغناطيسي.

يرمز للمجال المغناطيسي بالرمز $\vec{B}$ وهو كمية متجهة ويقاس بوحدة التسلا (Tesla) ورمزها (T) في النظام الدولي للوحدات. كما يقاس بوحدة الفاوس (Gauss) ورمزها (G) حيث $1T = G\ 10^4$ ويعرف المجال المغناطيسي من خلال اثره على وحدة الشحنات المتحركة الموضوعة فيه. فلو كان هناك جسيم يحمل شحنة مقدارها Q ويتحرك بسرعة $\vec{V}$ فإن القوة المغناطيسية المؤثرة على تلك الشحنة المتحركة $\vec{F}_m$ تعطى بالعلاقة.

$$\vec{F}_m = Q\vec{V} \times \vec{B}, \quad Fm = QVB \sin\theta \quad \text{.......} (1)$$

حيث θ الزاوية بين $\vec{V}$ و $\vec{B}$

وهذه المعادلة تدل على ان المجال المغناطيسي لا يؤثر مطلقاً على الشحنات الساكنة. كما يتحرك الجسيم المشحون باتجاه متعامد مع القوة المغناطيسية وبذلك لا يمكن أن تغيّر من طاقة الجسيم المشحون لان الشغل الناتج عنها يساوي صفراً. ولكنها تستطيع فقط ان تغير من اتجاهه. ولهذه الخاصية تطبيقات كثيرة في الابحاث العلمية المتعلقة بحركة الجسيمات الدقيقة مثل جهاز السيكلترون ومطياف الكتلة وغيرها.

وكما عرفنا تدفقاً للمجال الكهربائي، فإن التدفق المغناطيسي، Φ_m يمثل عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تقطع سطحاً معيناً باتجاه عمودي عليه ويعطى بالعلاقة.

$$\Phi_m = \int \vec{B} . d\vec{A} \quad \text{.......} (2)$$

ويقاس التدفق بوحدة الويبر (Weber) حيث $1\ T.m^2$ = 1 Weber ومن الجدير بالذكر أن تدفق المجال المغناطيسي من أي سطح مغلق يساوي صفراً اي ان:

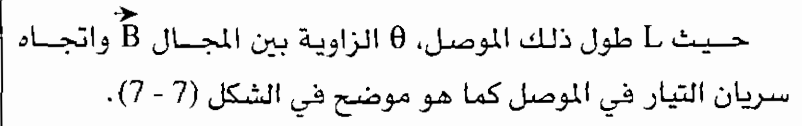
$$\Phi_m = \oint \vec{B} . d\vec{A} = 0 \quad \text{.......} (3)$$

وهذا يعني انه من المستحيل تواجد قطب مغناطيسي منفرد داخل سطح مغلق وتوجد الاقطاب المغناطيسية على شكل ازواج.

وبما ان المجال المغناطيسي يؤثر على شحنات متحركة، والتيارات المارة في سلك موصل

تتكون من ناقلات حرة للتيار (الالكترونات)، فإن الموصل هذا والناقل للتيار يتعرض لقوة مغناطيسية اذا ما وضع في مجال مغناطيسي معين. وقد وجد ان القوة المغناطيسية F المؤثرة على موصل مستقيم يحمل تياراً مقداره I اذا وضع في مجال مغناطيسي منتظم B تعطى بالعلاقة.

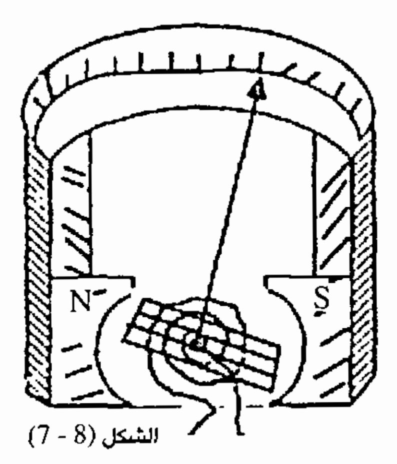
$$F = I\,L\,B \sin\theta \quad \text{.................................} \quad (4)$$



حيث L طول ذلك الموصل، θ الزاوية بين المجال $\vec{B}$ واتجاه سريان التيار في الموصل كما هو موضح في الشكل (7 - 7).

الشكل (7 - 7)

وباستخدام هذه النتيجة يمكن اثبات ان القوة المغناطيسية المؤثرة على اي سلك يشكل مساراً مغلقاً في مستوى يحمل تياراً I تحت تأثيرمجال مغناطيسي ثابت تساوي صفراً. ولكن اذا ما علق هذا السلك وكان بالامكان دورانه حول محور معين فإن المجال المغناطيسي ينتج عنه عزم دوراني يؤدي الى دوران ذلك السلك اذا كان يحمل تياراً معيناً. وقد استخدمت هذه الخاصية في تصنيع الكثير من اجهزة القياس مثل الجلفانوميتر والفولتمتر والاميتر. وبشكل مبسط فإن جهاز الجلفانوميتر مثلاً يتكون من سلك مصنوع على شكل ملف حول اطار من الحديد الرقيق ومثبت بواسطة زنبرك حول محور دوران مناسب كما هو موضح في الشكل (8 - 7).



الشكل (8 - 7)

فعند مرور تيار في الملف يؤثر المجال المغناطيسي بعزم دوراني عليه فيدور الملف بزاوية تتناسب مع مقدار التيار ويدرج الجهاز بالطريقة المناسبة.

قانون امبير:

يُعد قانون امبير من أكثر القوانين استخداماً لحساب شدة المجال المغناطيسي الناشيء عن سلك طويل يحمل تياراً كهربائياً معيناً. واهمية هذا القانون تكافيء اهمية قانون غاوس في الكهرباء وينص قانون امبير على ما يلي: ان التكامل الخطي لشدة المجال المغناطيسي B حول اي مسار مغلق يساوي محصلة التيارات (I) داخل ذلك المسار مضروبة في انفاذية الفراغ (μ_0) أي ان

$$\int \vec{B}.\,dl = \mu_0\ I \quad \text{.................................} \quad (5)$$

حيث $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ T. m/A

وتطبق هذه العلاقة على اي مسار مغلق يحيط بتيار أو مجموعة من التيارات الكهربائية. ويجب ان نتذكر ان هذا القانون يطبق على التيارات ذات التماثل العالي بشكل كبير.

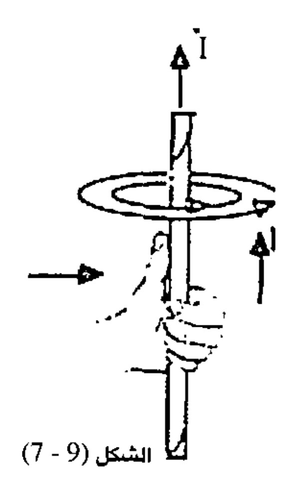
مثال (1) : احسب المجال المغناطيسي B الناشيء عن سلك طويل يحمل تياراً مقداره I.

الحل : ان انسب مسار حول هذا السلك هو المسار الدائري المغلق حيث مركزه السلك ونصف قطره r. وتكون قيمة المجال المغناطيسي حول السلك وعلى هذا المسار ثابتة

اذن $\int \vec{B}.dl = \mu_o I$ ....

وعليه فإن:

$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi R} \quad \text{... (6)}$$



الشكل (9 - 7)

أما اتجاه المجال المغناطيسي فيحدد باستخدام قاعدة اليد اليمنى الموضحة في الشكل (9 - 7) حيث ان الابهام يشير الى اتجاه التيار فتشير بقية الاصابع الى اتجاه المجال المغناطيسي حول السلك.

قانون فارادي

ان هذا القانون يُعد من القوانين الاساسية في الكهرومغناطيسية. وقد وضعه فارادي بعد اكتشاف الحث الكهرومغناطيسي حيث حاول ان يدرس العوامل التي تؤثر على مقدار التيار التأثيري الناشيء في ملف معين. لقد بين فارادي أن تياراً كهربائياً تأثيرياً يتولد في داره ملف نتيجة قطع خطوط المجال المغناطيسي لسلك الملف، وهذا يعني ان قوة دافعة كهربائية تتولد كلما تغير التدفق المغناطيسي خلال الملف. فإذا كان التدفق المغناطيسي ϕ_m يعطى بالعلاقة (3).

$$\phi_m = \int \vec{B}.\vec{dA} \quad \text{................. (3)}$$

فإن قيمة القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية المتولدة تزداد بازدياد معدل التدفق المغناطيسي ويمكن صياغة ذلك بالمعالة

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_m}{dt} \quad \text{.............................. (7)}$$

حيث ε القوة الدافعة الكهربائية المتولدة وتقاس بالفولت، وتعرف هذه المعادلة بقانون فارادي. واذا كان الملف يتكون من N من العرى الملفوفة مع بعضها بشكل تراص فإن

$$\varepsilon = - N \frac{d\phi_m}{dt} \quad \text{.............................} \quad (8)$$

وتعني الاشارة السالبة في المعادلتين (7) و (8) ان اتجاه التيار التأثيري المتولد في الملف يعاكس دائماً اتجاه التغير في التدفق المغناطيسي الأصلي الذي ادى الى توليد تلك القوة الدافعة الكهربائية ويعرف هذا بقانون لنز Lenz's Law.

ويجب تذكر دائماً ان القوة الدافعة الكهربائية ε تتولد كلما كان هناك تغير في التدفق المغناطيسي وهذا يتم بثلاث طرق هي:

(1) بواسطة مجال مغناطيسي متغير مع الزمن

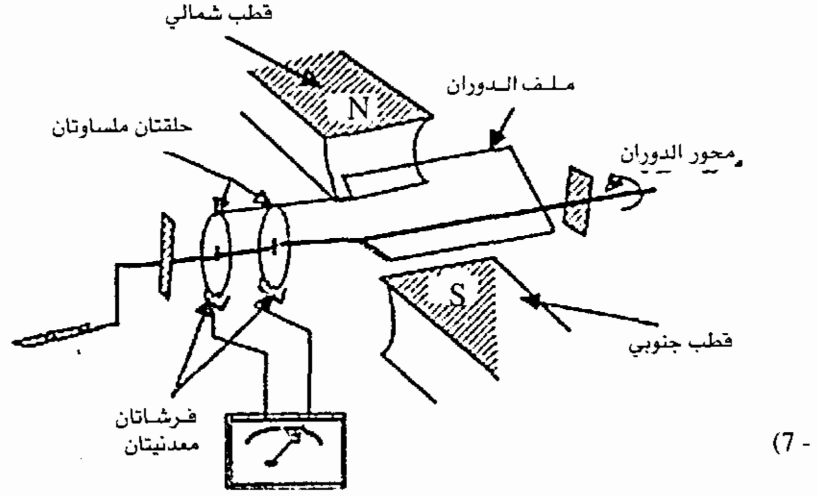
(2) بواسطة تغير مساحة الملف مع الزمن

(3) بتغيير اتجاه المجال بالنسبة لمتجه مساحة الملف مع الزمن.

المولد الكهربائي

تعرف الآلات التي تنتج الكهرباء بطريقة الحث الكهرومغناطيسي باسم المولدات. وقد وجد أن الحركة الدائرية هي الأسهل للإنتاج.

فتشغل المولدات بطريقة إدارة ملف سلك في مجال مغناطيسي أو إدارة مجال مغناطيسي ليقطع ملف السلك. ويتكون المولد في أبسط صورة من مغناطيس (على شكل حذاء الفرس في أغلب الأحيان) ومن ملف سلكي حر الدوران بين قطبي ذلك المغناطيس كما هو موضح في الشكل (10 - 7).



الشكل (10 - 7)

فعند دوران العروة يتغير التدفق المغناطيسي خلالها مع مرور الزمن وهذا يؤدي إلى تولد قوة دافعة كهربائية فيها. وتعمل الفرشاتان على نقل التيار الكهربائي المتولد إلى الجهاز الكهربائي الذي يعمل على الطاقة الكهربائية المتولدة.

وتعتمد قيمة التيار الكهربائي المتولد على شدة المجال المغناطيسي وسرعة دوران الملف وعلى عدد لفات الملف.

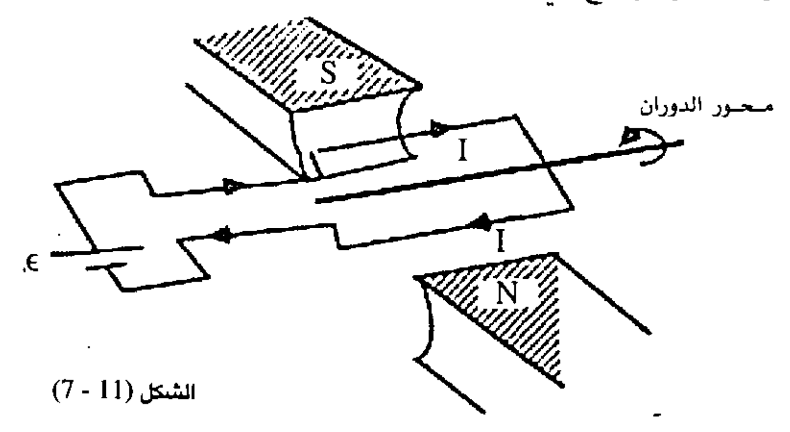
ويجب تذكر أن التيار الناشىء هنا تيار متردد.

ومن مبدأ حفظ الطاقة يجب تذكر أن الطاقة الكهربائية المتولدة هي في الأصل طاقة حركية. وهذه الطاقة قد تأتي من حرق أحد مشتقات البترول أو من طاقة المياه الساقطة من الشلالات الطبيعية او الصناعية.

المحرّك الكهربائي

إن المولد الكهربائي كما وضحنا يعمل على مبدأ تحويل الطاقة من طاقة حركية إلى طاقة كهربائية. أما المحرك فيعمل على عكس ذلك تماماً. فهدف المحرك هو الحصول على طاقة حركية من الطاقة الكهربائية. لقد تعلمنا ان القوة المغناطيسية المؤثرة على ملف سلك يشكل مساراً مغلقاً يحمل تياراً تساوي صفراً ولكن اذا ما ثبت هذا الملف حول محور دوران مناسب فإن المجال المغناطيسي يؤثر على ذلك السلك بعزم دوراني.

يتكون المحرك في أبسط صورة من ملف يمكن أن يدور بحرية حول محور مناسب ومغناطيس كما هو موضح في الشكل (11 - 6)



الشكل (11 - 7)

وهنا يجب تذكر أن سرعة الدوران (أي الطاقة الحركية الناشئة) تعتمد على عدد لفات السلك وأن مبدأ عمل المحرك الكهربائي يشبه تماماً مبدأ عمل الجلفانوميتر الذي شرح سابقاً.

الخلاصة

درسنا في هذا الفصل ظاهرة تمغنط الأجسام والخواص المغناطيسية للمادة، والعلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية، والمجال المغناطيسي، إضافة إلى دراسة قانون أمبير وفارادي، كما درسنا بعض الآلات التي تنتج الكهرباء مثل المولد الكهربائي، والمحرك الكهربائي، كتطبيقات على الكهرباء والمغناطيسية. وسنتعرض في الفصل اللاحق إلى دراسة الصوت، وخواصه، وطرق انتقاله.

أسئلة وتمارين

س 1 : إذا قُرّب مغناطيس طبيعي من مسمار، فإن باستطاعة المسار بعد ذلك جذب مسمار آخر. فسِّر ذلك.

س 2 : يحمل سلك طوله 20cm تياراً قدره 2A موضوع في مجال مغناطيسي منتظم شدته $B = 0.1T$. احسب مقدار القوة المؤثرة على ذلك السلك إذا كان المجال عمودياً على السلك.

س 3 : ما هي قيمة المجال المغناطيسي B داخل ملف لولبي طويل يحتوي على 1000 لفة إذا كان طوله 0.5m ويمر به تيار قدره 2A؟

س 4 : يحمل سلك طويل جداً تياراً قدره 5A. ما هي قيمة B على مسافة قدرها 2m عن ذلك السلك؟

س5 : وضعت عروة تيار على شكل مربع طول ضلعه 10cm وتحمل تياراً مقداره 5A في مجال مغناطيسي منتظم $B = 0.2T$. احسب قيمة التدفق المغناطيسي العظمى الممكنة من تلك العروة.

س 6 : يعطى التدفق المغناطيسي من خلال عروة بالعلاقة:

$$\phi_m = \frac{1}{3} t^3 + 4 t^2 + 0.5$$

حيث ϕ_m تعطى بـ $T.m^2$ إذا كانت t تقاس بالثواني، احسب القوة الدافعة الكهربائية ε المتولدة في تلك العروة عند $t = 1$ sec.

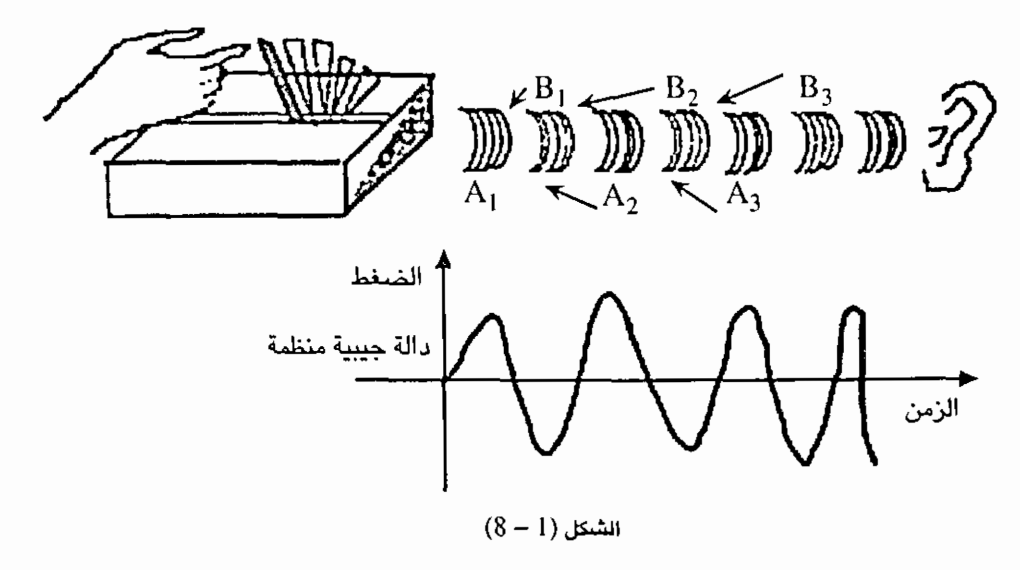
الفصل الثامن
الصـــوت

مقدمة

يعرّف الصوت على أنه أمواج مادية تستطيع الانتقال في الأوساط الصلبة والسائلة والغازية، وأثناء انتقالها تتحرك جزيئات الوسط المادي بنفس اتجاه انتشارها. لذا فإن أمواج الصوت تعد أمواجاً طولية. وللتأكد من ضرورة وجود وسط مادي لنقل الأمواج الصوتية ضع جرساً كهربائياً داخل ناقوس ثم ابدأ بتفريغ الهواء من الناقوس، فسوف تلاحظ أن الصوت يبدأ بالتلاشي أثناء التفريغ الى أن يتلاشى تماماً عندما يفرغ الناقوس بشكل تام من الهواء الموجود فيه.

انتقال الصوت

لحدوث الصوت وانتقاله، لا بد من وجود مصدر صوتي ووسط مادي تنتقل خلاله أمواج الصوت. ولتوضيح كيفية نشوء وانتقال الموجة الصوتية سوف ندرس مبدأ عمل الشوكة الرنانة. إذا ثُبّت أحد طرفي الشوكة الرنانة (المصنوعة من الصلب) وترك الطرف الآخر حراً، فعند جذب الطرف الحر لليمين (أو اليسار) وتركه، فإن هذا الطرف سوف يتحرك بسرعة عالية يميناً ويساراً. فأثناء حركة طرف الشوكة فإنها تدفع جزيئات الهواء وتحركها، وتتحرك جزيئات الهواء يميناً ويساراً بنفس طريقة حركة الطرف الحر للشوكة، أي أنها تهتز بنفس طريقة اهتزاز الشوكة وينشأ عن ذلك سلسلة من المناطق ذات ضغط مرتفع (التضاغطات) وأخرى ذات ضغط منخفض (التخلخلات) كما هو موضح في الشكل (1 – 8) حيث A2,A1 ...الخ تمثل مناطق تضاغط بينما $B2,B1$ ... تمثل مناطق تخلخل. أما الجزء السفلي من الشكل (1 – 8) فيمثل رسماً بيانياً لتغير ضغط الهواء على شكل موجة جيبية. هذا ويجب التنبيه إلى أن مقدار التغير في الضغط الناشىء عن انتقال موجة صوتية هو مقدار صغير جداً، مقارنة بقيمة الضغط الجوي المعروفة حتى للأصوات العالية جداً.



الشكل (1 – 8)

سرعة الصوت

إن سرعة الصوت في الوسط المادي تعتمد على كثافة ذلك الوسط وتزداد بازدياد كثافته. فسرعة الصوت مثلاً في الماء أعلى منها في الهواء وسرعة الصوت أعلى ما يمكن في الأوساط الصلبة. وتعتمد سرعة الصوت أيضاً على درجة الحرارة ولتوضيح ذلك، نذكر ان سرعة الصوت في غاز مثالي تعطى بالعلاقة:

$$\upsilon = \sqrt{\frac{\gamma PT}{M}} \quad \text{.......... (1)}$$

حيثγ ثابت يعتمد على الوسط الناقل، و T درجة حرارة الوسط بالكلفن، الغازات العام وقيمته R = 8.314 J / mol.K و R ثابت

أما M فهي الكتلة الجزيئية للغاز. وتساوي سرعة الصوت في الهواء عند درجة الصفر المئوي وضغط جوي واحد حوالي 331 m / s

مثال (1): احسب سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة 25°C ، معتبراً الهواء غازاً مثالياً:

الحل :

$$T_1 = 0^\circ C = 273k$$

$$T_2 = 25^\circ C = 298K$$

$$\upsilon_1 = \sqrt{\frac{\gamma P T_1}{M}}$$

$$\upsilon_2 = \sqrt{\frac{\gamma P T_2}{M}}$$

ومنه نجد أن

$$\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \qquad \text{.......... (2)}$$

إذن

$$\upsilon_2 = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \quad \upsilon_1 = \frac{298}{273} \times 331 \text{ m / s}$$

$$= 345.8 \text{m / s}$$

ومن الجدير بالذكر أن سرعة الصوت أقل بكثير من سرعة الضوء، ويمكن استخدام ذلك لتحديد بُعد عاصفة رعدية مثلاً. فإذا استطعنا تحديد الزمن بين مشاهدة ضوء البرق وسماع صوت الرعد يكون البُعد مساوياً لحاصل ضرب ذلك الزمن في سرعة الصوت.

مثال (2) سُمع صوت الرعد بعد (3.5sec) من مشاهدة البرق. فما بُعد العاصفة الرعدية عن المشاهد. اعتبر سرعة الصوت 330m/s

$$\upsilon_L = \upsilon_{\text{light}} = 3 \times 10^8 \text{ m / s}$$

$$\upsilon_S = \upsilon_{\text{sound}} = 330 \text{ m / s}$$

وعليه

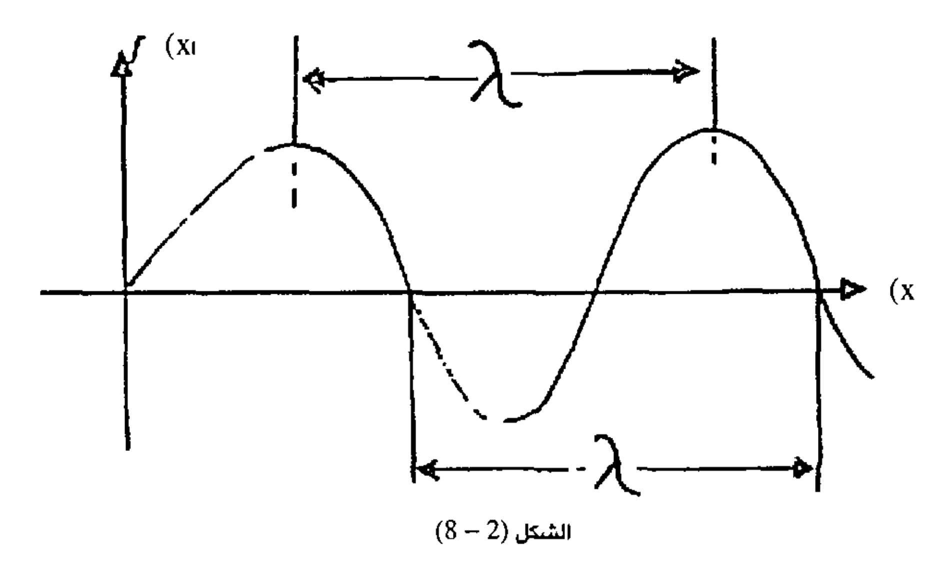
$$d = \upsilon_s t$$

$$= (330)(3.5) \text{ m}$$

$$= 1155\text{m} = 1.155 \text{ km}$$

تردد الأمواج الصوتية

تُعد الأمواج الصوتية أمواجاً طولية كما قلنا سابقاً. ولأي موجة يجب تعريف ترددها وسرعتها وطولها. إن طول الموجة λ يعرف على أنه المسافة الفاصلة بين أي نقطتين متتاليتين تتحركان بنفس الشكل والاتجاه في كل لحظة. ولذلك نقول بأن النقطتين متوافقتان في الطول كما هو موضح في الشكل (2 – 8).



الشكل (2 – 8)

ويعرف الزمن الدوري للموجة على أنه الزمن اللازم لكي تقطع الموجة المنتقلة مسافة تساوي طول الموجه، وسنرمز للزمن الدوري بالرمز T. أما التردد، والذي سنرمز له بالرمز f ، فإنه يساوي عدد الذبذبات في الثانية الواحدة، أي أنه:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{.............................. (3)}$$

ووحدة قياس f هي الهيرتز (Hertz) حيث أن:

$$1\ Hz = sec^{-1}$$

والعلاقة التي تربط تردد الموجة بسرعتها وطولها هي

$$\upsilon = \lambda f \quad \text{.................... (4)}$$

أو

$$\upsilon = \frac{\lambda}{T} \quad \text{.............................. (5)}$$

مثال (3): يصدر مصدر صوتي أمواجاً بتردد يساوي 100 Hz . احسب طول الموجة الصوتية وزمنها الدوري إذا انتقلت في الهواء معتبراً $\upsilon = 330\ m / s$

الحل:

باستخدام العلاقة (4) ، $\upsilon = \lambda f$ نجد أن $\lambda = \frac{\upsilon}{f} = \frac{330}{100}$

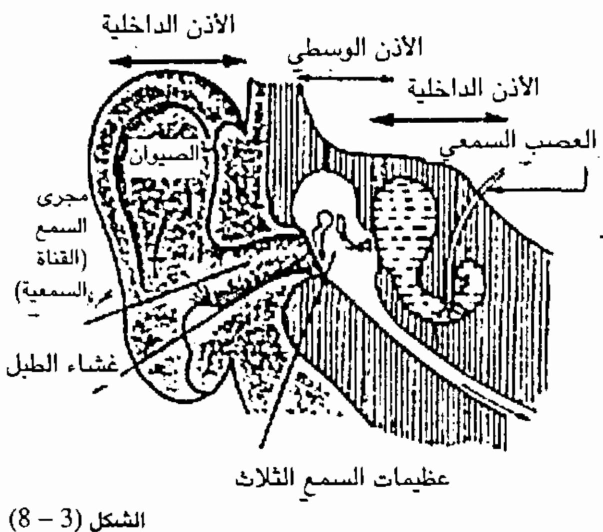
$$= 3.3\ m$$

اما الزمن الدوري فنجده من العلاقة (3)

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100} \text{ sec}$$

$$T = 0.01 \text{ sec}$$

ويحدث الإحساس بالسمع عند الإنسان عندما تصل ذبذبات الأمواج الصوتية إلى الأذن الموضحة في الشكل (3 - 8) فيجمعها صوان الأذن وتمر عبر القناة السمعية إلى طبلة - الأذن والتي هي عبارة عن غشاء يقفل القناة السمعية مشدود على عظام الأذن بنفس الطريقة التي يُشد بها جلد الطبلة العادية. ويهتز غشاء طبلة الأذن إلى الداخل والخارج ناقلاً اهتزازات الصوت عبر العظيمات



الشكل (3 – 8)

الثلاث إلى الأذن الداخلية حيث تحولها القوقعة إلى إشارات كهربائية يحملها العصب السمعي إلى الدماغ على شكل صوت. ولا يمكن سماع الأصوات التي يقل ترددها عن (20Hz) ، وكذلك لا يمكن سماع الأمواج الصوتية التي يزيد ترددها عن (20,000Hz). ويطلق على الأمواج التي يزيد ترددها عن (20,000Hz) بالأمواج فوق السمعية، بينما تسمى الأمواج التي يقل ترددها عن (20Hz) بالأمواج تحت السمعية.

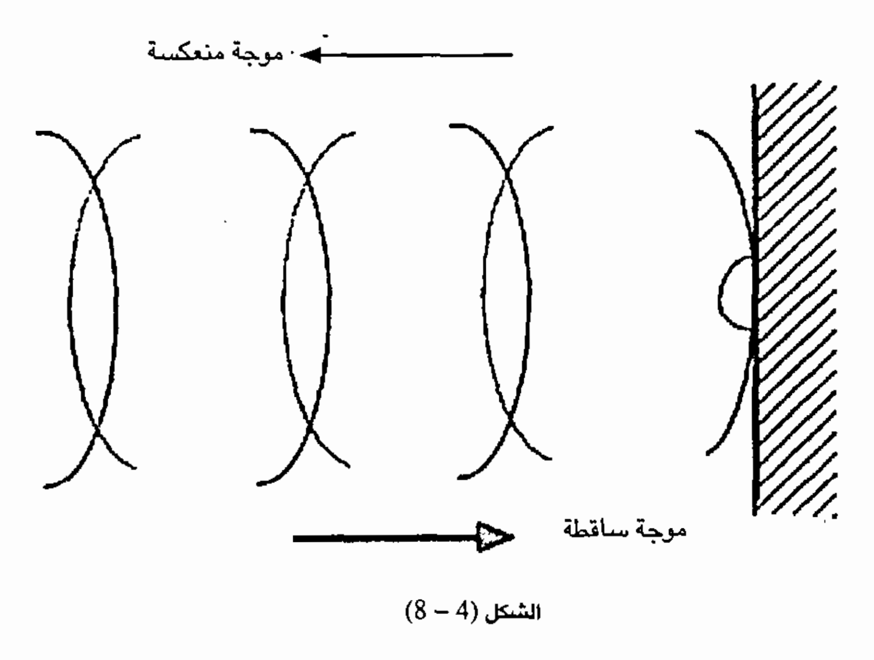
انعكاس الأمواج الصوتية

عندما تصطدم الأمواج الصوتية بحاجز فإنها تنعكس بحيث تبدو وكأنها قادمة من مصدر آخر خلف الحاجز. إن انعكاس الأمواج الصوتية يشبه انعكاس أمواج الضوء ويوجد لانعكاس الصوت قانونان مشابهان تماماً لقانوني انعكاس الضوء وهما:

1 – زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس

2 – خط سير الأمواج الساقطة وخط سير الأمواج المنعكسة والعمود المقام على السطح العاكس من نقطة السقوط تقع كلها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس.

وعندما تصطدم الأمواج الصوتية بحاجز كبير كجبل أو جدار أو صخرة فإنها تنعكس عنه الأمواج المنعكسة تلك التي تسمع يطلق عليها اسم الصدى. هذا وتكون طاقة صوت الصدى أقل من طاقة الصوت الأصلي. لأن جزءاً من الطاقة يُفقد أثناء انتقال الموجة وارتدادها على الحاجز. ويكون الفاصل الزمني بين صدور الصوت وسماع الصدى هو الزمن الذي تستغرقه الموجة الصوتية لقطع المسافة ذهاباً وإياباً بين المصدر والحاجز. وإذا كانت المسافة بين المصدر والحاجز قليلة فإننا لا نستطيع ان نميز الصوت المنعكس عن الصوت الأصلي بسبب تداخلهما. والشكل (4 – 8) يوضح ذلك.



الشكل (4 – 8)

وهناك الكثير من الكائنات الحية التي تستخدم ظاهرة الصدى في تحديد موقع فريستها. كما تستخدم هذه الظاهرة في تحديد عمق المحيطات عن طريق إرسال اشارة صوتية ثم قياس الزمن من لحظة إرسالها وحتى سماع صداها المنعكس عن قاع المحيط وبمعرفة سرعة الصوت في الماء يتم حساب عمق المحيط. كما أن هناك تطبيقات أخرى كثيرة.

مثال (4):

يقف رجل أمام جبل فيرسل صوتاً فيسمع صداه بعد زمن قدره (2 sec). احسب بُعد الجبل عن الرجل. (اعتبر سرعة الصوت (340 m / s)

الحل:

$$2d = \upsilon\, t$$

$$2d = (340\ m / sec)\ (2\ sec)$$

$$2d = 680\ m$$

إذن $d = 340\ m$

شدة الصوت

تُعد الأمواج الصـوتية من الأمواج الحاملة للطاقة وتنتقل الطاقة التي تحملها الموجة في نفس اتجـاه انـتـشـار الموجـة. وتعـرّف شـدة الصـوت I بأنهـا الطـاقـة التي تنقلهـا الموجـة عـبـر وحدة المساحة العـمودية على اتجاه انتشـارها في زمن قـدره ثانية واحـدة، ولهذا فإن وحدة شـدة الصـوت هـي $(Joule/m^2.s)$ أو $(Watt/m^2)$. إن شـدة الأمـواج الصـوتيـة التي يمكن أن تسـتـجيب لهـا الأذن الآدميـة يمتـد مـداهـا من $(10^{-12}W/m^2)$ إلى حـوالي $(1\ W/m^2)$ وهـذا مدى واسـع يدل على أن الأذن البشـرية جهاز شديد الحساسية. وقد اختيـر الحد الأدنى من المدى $(10^{-12}\ W/m^2)$ ليمثل الصفـر في قيـاس شـدة الصـوت (مقيـاس الديسيبـل) وسـميت الوحـدة ديسـبـيل (dB) تكريمـاً للعـالم الكسـنـدر غـراهـام بل مـخـتـرع التلفـون حـيث يُعـرّف المقياس حسب العلاقة:

$$\text{Sound Level (dB)} = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad \text{.........................} \quad (6)$$

حيث تمثل شـدة الموجة بوحدة (W/m^2) و $I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$

نلاحظ من العلاقة (6) أن مستوى شدة الصوت تمثل بعلاقة لوغارتيمة، ولهذا تُعد الأذن جهاز كشف لوغاريتمي

مثال (5):

احسب مستوى شدة الصوت بوحدة الديسيبل لموجة صوتية شدتها $(10^{-6}\ W/m^2)$

الحل:

$$\text{Sound Level (dB)} = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{10^{-6}}{10^{-12}} = 60\ dB$$

ويبين جدول (1 – 8) القيم التقريبية لشدة بعض الأصوات.

جدول (1 –8) القيم التقريبية لشدة بعض الأصوات

نوع الصوت	شدة الصوت(W/m^2)	مستوى شدة الصوت(dB)
محرك طائرة نفاثة	1	100-200(خطر على السمع)
مثقاب صخور بالطغط الهوائي	10^{-2}	100(شدة عالية)
طريق مزدحم	10^{-3}	70(مزعج)
غرفة صف	10^{-7}	50(متوسط المستوى)
محادثة عادية	10^{-8}-10^{-6}	40-50(متوسط المستوى)
همس	10^{-10}	20(خافت)
خفيف أوراق الشجر	10^{-11}	10(خافت جداً)

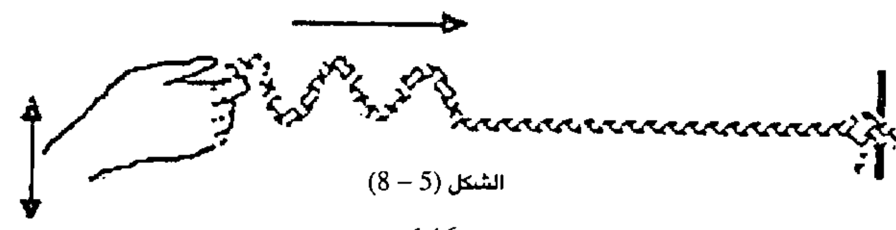
الآلات الصوتية الموسيقية

تشمل هذه الآلات الكمان والربابة والغيثار والعود والقانون والبيانو والناي، وغيرها. والنغمات الموسيقية التي نسمعها ما هي إلا أمواج تصدر نتيجة اهتزاز الأوتار المشدودة أو أعمدة الهواء في أنابيب معينة تتكون منها هذه الآلات.

وسوف نركز على مبدأ عمل الآلات الوترية والأنابيب.

1 – الأوتار المشدودة: تشد الأوتار عادة عبر حامل أو جسم أجوف، وعندما تهتز تلك الأوتار يهتز الهواء داخل الحامل، فتتوافق اهتزازات الأوتار مع اهتزازات الهواء محدثة رنيناً ونغمات عذبة. ولتوضيح ذلك دعنا ندرس كيف تتكون الموجة في وتر مشدود وكيفية انتقالها وسرعة انتشارها.

إذا افترضنا أن لدينا حبلاً طويلاً مثبتاً من أحد طرفيه، وأمسكنا بالطرف الحر منه، وبدأنا بهزه للأعلى والأسفل. فإننا سوف نلاحظ أن الاهتزازات قد انتشرت من بداية الحبل الى بقية أجزائه خلال فترة زمنية قصيرة.



الشكل (5 – 8)

ونلاحظ ان اتجاه اهتزازات كل نقطة على الحبل تكون عمودية على الاتجاه الذي تنتشر فيه الموجة، ويسمى هذا النوع من الأمواج امواجاً مستعرضة. وبما أن الأمواج تنتشر في الحبل المشدود فقط، وجد أن سرعة انتشار تلك الامواج المستعرضة تعطى بالعلاقة:

$$\upsilon = \sqrt{\frac{T}{\rho}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

حيث T هو مقدار الشد في الحبل (الوتر) و ρ هي كتلة وحدة الأطوال من ذلك الحبل.

مثال (6) : ما هو الشد اللازم لوتر طوله (20 cm) وكتلته (4 grams) لتنتشر به موجة مستعرضة سرعتها 20m/s؟

الحل:

$$\upsilon = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$$

$$\upsilon^2 = \frac{T}{\rho}$$

$$T = \rho\, \upsilon^2 = \frac{m}{l}\, \upsilon^2$$

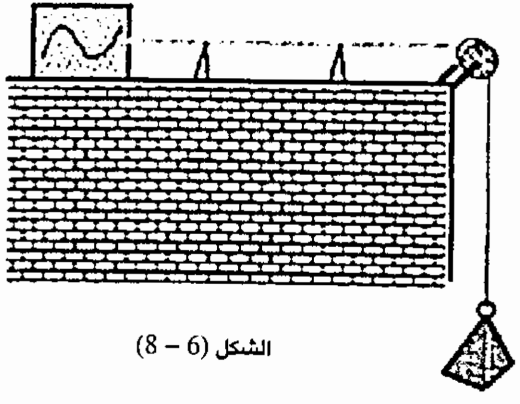
حيث

$$\rho = \frac{m}{l}$$

$$= \frac{4 \times 10^{-3}\ kg}{0.20m} = 2 \times 10^{-2}\ kg/m$$

$$\therefore T = (2 \times 10^{-2})\,(20)^2\ N$$

$$= 8\ N$$



الشكل (6 – 8)

وإذا ثُبت الوتر من طرفيه، كما هو موضح في الشكل (6-8)، فإن الأمواج المنتشرة في الوتر تنعكس عندما تصل إلى نقاط التثبيت، فتتداخل هذه الأمواج التي تتحرك في اتجاهين متعاكسين ويتشكل ما يسمى بالأمواج المستقرة. ويكون شرط تشكل تلك الأمواج المستقرة في الوتر هو أن يكون طوله مساوياً إلى عدد صحيح من نصف طول الموجة، أي أن:

$$L = n\frac{\lambda}{2} \qquad n = 1,2,3 \ldots\ldots (8)$$

حيث L هو طول الوتر، λ طول الموجه، و n عدد صحيح. وباستخدام العلاقة:

$$\lambda = \frac{\upsilon}{f} \ldots\ldots (9)$$

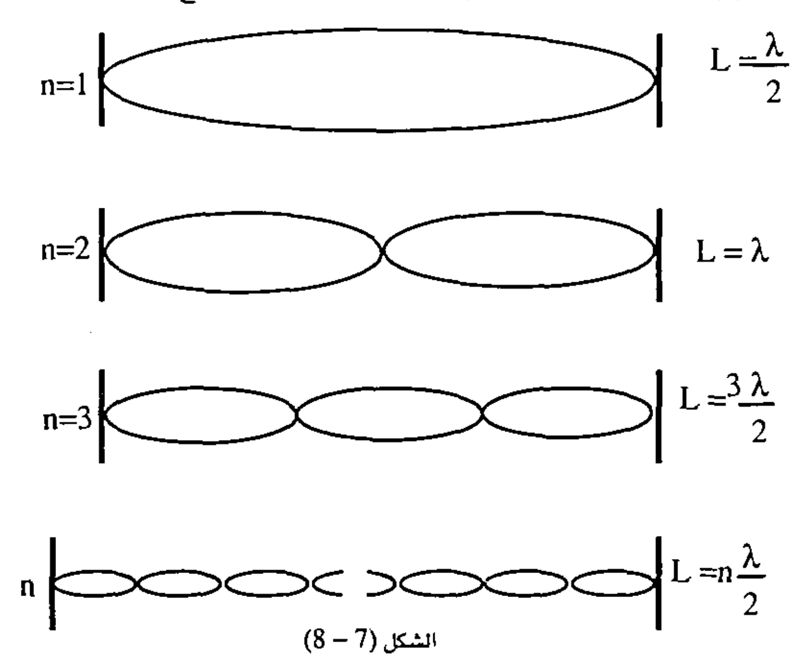
نجد أن:

$$f_n = \frac{n\,\upsilon}{2L}\ , \nu = 1,2,3 \ldots\ldots (10)$$

أو:

$$f_n = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{T}{\rho}} \ldots\ldots (11)$$

وتسمى f_n النغمات لذلك الوتر. والشكل (7 – 8) يوضح بعض هذه النغمات.

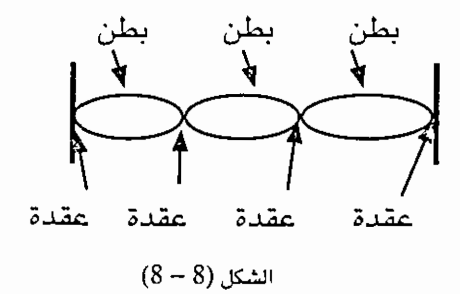


الشكل (7 – 8)

هذا ويدعى التردد $f1 = \frac{\upsilon}{2L}$ بالتردد الأساسي وعليه:

$$f_n = n f_1 \quad \text{.......... (11)}$$

كما تسمى النقاط التي تنعدم عندها إزاحة دقائق الوتر بالعقد والنقاط التي تكون الإزاحة عندها أكبر ما يمكن بالبطون، كما هو موضح في الشكل (8 –8).



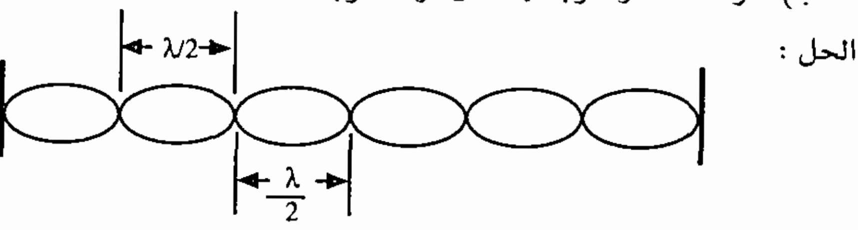
الشكل (8 – 8)

مثال (7) : وتر طوله (60 cm) يهتز بحيث يتكون عليه 7 عقد بما فيها العقدتان عند الطرفين. احسب:

أ) طول الموجة

ب) سرعة انتشار الموجة إذا كان تردد الموجة 100 Hz.

الحل :



الحل :

أ) $$L = n\frac{\lambda}{2}$$

لهذا المثال: $n = 6$

$$\therefore \lambda = \frac{2L}{n}$$

$$= \frac{2\,(0.6m)}{6}$$

$$= 0.2m = 20\ cm$$

$$\upsilon = \lambda f$$

ب) $u = (0.2m)\ (100\ Hz)$

$= 20\ m / s$

مثال (8) : وتر طوله (20 cm) وسرعة انتشار الأمواج فيه (40 m / s) . احسب تردد النغمات الثلاث الأولى

الحل:

$$f_n = \frac{n\upsilon}{2L}$$

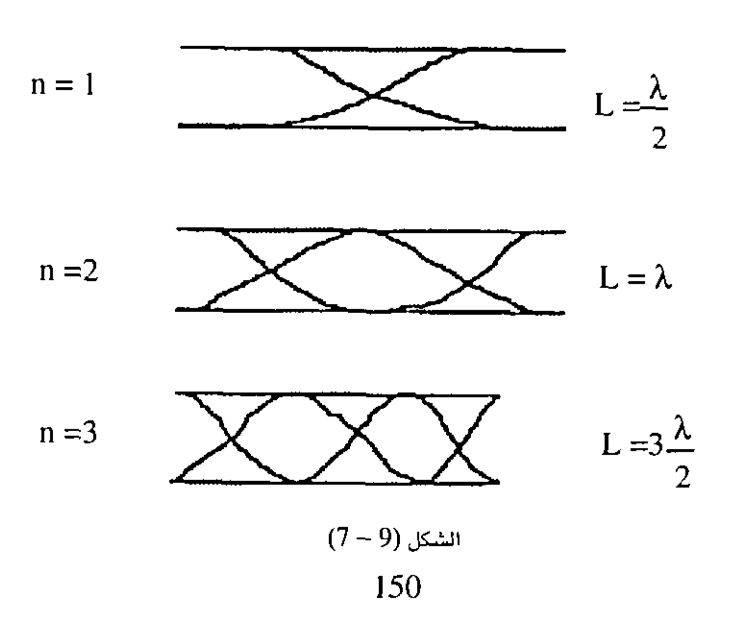
$$f_1 = \frac{40}{2\ (0,2)}\ Hz = 100\ Hz$$

$$f_2 = 2f_1 = 200\ Hz.$$

$$f_3 = 3\ f_1 = 300z$$

2 - الأنابيب الهوائية : يمكن للأمواج الصوتية أن تتشكل في أي أنبوب بنفس الطريقة التي تشكل بها على وتر مشدود. ولكن يجب التذكر بأن الأمواج في الأنابيب تكون أمواجاً طولية، إذ تُزاح جريئات الهواء في الأنابيب في نفس اتجاه انتشار الموجه. فإذا افترضنا أن لدينا أنبوباً هوائياً (ناي مثلاً) طول L ونفخنا فيه، فإن أمواجاً صوتية مستقرة تحدث ولكن يجب أن نميز بين حالتين.

أولاً:الأنبوب مفتوح الطرفين، وكما يوضح الشكل (9 – 8) فإن شرط تكون أمواج مستقرة هو:



الشكل (9 – 7)

$$L = n\frac{\lambda}{2}; \quad n = 1, 2, 3, \ldots \quad (12)$$

ومنها نستنتج أن الترددات الممكنة (النغمات) تعطى بالعلاقة:

$$f_n = \frac{n\upsilon}{2\,\Lambda}\ ; \ n = 1, 2, 3, \ldots \quad (13)$$

أو $f_n = nf_1$

حيث :

$$f_1 = \frac{\upsilon}{2\Lambda} \quad (14)$$

ثانياً : الأنبوب المغلق من طرف واحد، وكما يوضح الشكل (10 –8)، فإن شرط تكوّن أمواج مستقرة هو:

$$L = (2n+1)\frac{\lambda}{4}, \quad n = 0, 1, 2, \ldots \quad (15)$$

n = 0 $L = \frac{\lambda}{4}$

n =1



$L = \frac{3\lambda}{4}$

n =2



$L = \frac{5\lambda}{4}$

الشكل (10 – 8)

وتعطى الترددات الممكنة للأنبوب المغلق من طرف واحد بالعلاقة:

$$f_n = (2n+1)\frac{\upsilon}{4L}, \ n = 0, 1, 2 \ \ldots \quad (16)$$

أو

$$f_n = (2n+1)\, f_0\,,\ n = 0, 1, 2, \ldots \quad (17)$$

حيث يعطى التردد الأساسي بالعلاقة:

$$f_0 = \frac{\upsilon}{4L} \quad \text{......} \quad (18)$$

مثال (9)

احسب التردد الأساسي وتردد النغمات الثلاثة الأولى لأنبوب طوله 1m إذا كان:

أ) مفتوح الطرفين.

ب) مفتوحاً من طرف واحد.

اعتبر سرعة الصوت في الهواء 340/ms

الحل: أ) مفتوح الطرفين.

$$f_1 = \frac{\upsilon}{2\,L} = \frac{340}{2}\,Hz = 170Hz$$

وباستخدام $f_n = nf_1$ نجد أن:

$$f_2 = 2f_1 = 340\ Hz$$

$$f_3 = 3f_1 = 510Hz$$

2) مفتوح من طرف واحد:

$$f0 = \frac{\upsilon}{4\,L} = \frac{340}{4}\,Hz = 85\ Hz$$

وباستخدام $f_0 = (2n + 1)\ f_o$

نجد

$$f_1 = 3f_0 = 255\ Hz$$

$$f_2 = 5f_0 = 425\ Hz$$

الخلاصة

درسنا في هذا الفصل طبيعة الصوت، وشدته، وسرعته، وتردد الأمواج الصوتية، وانعكاسها، كما درسنا بعض الآلات الصوتية الموسيقية، وتطبيقاتها في الحياة. وسنناقش في الفصل اللاحق الضوء، طبيعته، وطريقة انتشاره، وتكون الصور في العدسات والمرايا.

أسئلة وتمارين

ملاحظة : اعتبر سرعة الصوت في الهواء 340 m/s ما لم تذكر قيمة أخرى في السؤال.

س 1 : هل يكون تردد الصوت المسموع تحت الماء مساوياً لتردد الصوت المسموع في الهواء، إذا كان المصدران متماثلين؟

س 2 : يسمع صوت الرعد بعد 6 ثوان من رؤية البرق. على أي بُعد حدث البرق؟

س 3 : إذا كان الوطواط (الخفاش) يرسل أمواجاً تحت سمعية في الظلام ترددها 7 H z -10Hz فاحسب مدى طول الموجة المرسلة

س 4 : إن تردد الأمواج الصوتية المسموعة يقع بين (20-20000 Hz) ما مدى الطول الموجي للأمواج الصوتية المسموعة؟

س 5 : مولد ذبذبات صوتية يصدر 300 ذبذبة خلال 5 ثوان. احسب:

أ) الزمن الدوري

ب) تردد المصدر

جـ) طول الموجة.

س 6 : علل ما يلي:

1) إذا وقفت بالقرب من جدار كبير وأصدرت صوتاً فإنك لا تسمع صداه.

2) يُحذّر سير مجموعة من الجند بانتظام فوق جسر قديم.

س 7 : صِف طريقة بسيطة تستطيع بها تحديد سرعة الصوت في الهواء.

س 8 : حزمة من الأمواج الصوتية شدتها 4×10^{-5} $W.m^2$. احسب شدة الصوت بالديسيبل.

س 9 : صنع كمان بحيث كان التردد الأساسي للنغمات الموسيقية لوتره يساوي 300 Hz . ما هي الترددات للنغمات الخمسة التالية؟

س 10 : أنبوب مفتوح الطرفين طوله 40 cm . ما هي أصغر ثلاث ترددات ممكنة له، وأطوال أمواجها؟

س 11 : أنبوب مفتوح من طرف واحد طوله 50 cm . احسب أطوال موجات النغمات الثلاثة الأولى وتردد كل منها.

الفصل التاسع

الضـــوء

مقدمة

يُعد علم الضوء من العلوم القديمة التي حاول الانسان تفسير ظواهرها. فقد رأى الانسان الشمس والقمر والنجوم وجميع الأجسام المحيطة به وحاول فهم سبب رؤية هذه الأشياء. وقد كان الاعتقاد بإن الرؤية تتم بسبب ارسال عين الانسان شعاعاً الى تلك الأجسام فتراها. وبقى هذا الاعتقاد سائداً حتى جاء العالم العربي الحسن بن الهيثم وبين خطأ هذا الاعتقاد حيث بين ان الرؤية تتم بسبب وصول اشعة من الجسم المنظور اليه الى عين الناظر ووضع هذا العالم الكبير معظم قوانين الانعكاس والانكسار المعروفة حالياً.

يمكن اعتبار الضوء شكلاً من اشكال الطاقة تسبب شعورنا بالرؤية. فقد كان الافتراض الذي وضعه نيوتن عام 1660 م هو ان الضوء عبارة عن جسيمات تصدر من الجسم المضيء وتتحرك بسرعة عالية وهذه الفرضية تعرف بالنظرية الجسمية للضوء. وبعد ذلك افترض العالم هايجنز (Huygens) بأن الطاقة الضوئية تنتقل من مكان الى آخر عن طريق الحركة الموجية وهذا ما يسمى بالنظرية الموجية للضوء. لقد فسرت النظرية الجسيمية سبب انتشار الضوء في خطوط مستقيمة وانعكاسه عن السطوح المصقولة (المرايا مثلاً) وكذلك انكسار الضوء عند السطوح الفاصلة بين وسطين. هذا وقد فسرت النظرية الموجية قوانين الانعكاس والانكسار بالاضافة الى مبادىء التداخل والانكسار المزدوج والحيود والتي لم تستطع النظرية الجسمية تفسيرها.

الامواج نوعان مرئية وغير مرئية. فالأشعة الضوئية المرئية هي التي تسبب الاحساس البصري في العين وتبدأ بالاحمر وتنتهي باللون البنفسجي وتنحصر اطوال أمواجها بين $7.5\times10^{-7}m$ الى $4\times10^{-7}m$ وهذا ما يطلق عليه اسم الطيف المرئي (Visible spectrum).

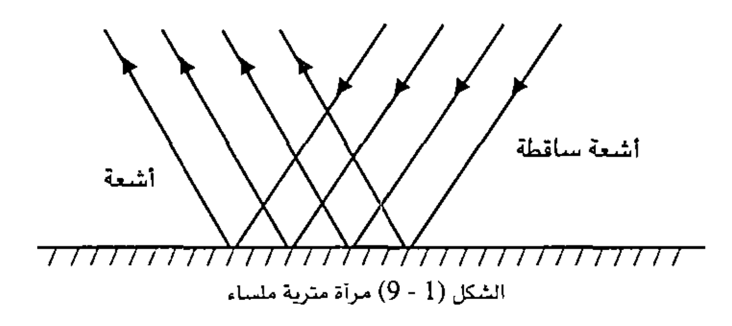
وقد جاء العالم دي برولي (de Broglie) في عام 1929 بنظريته المشهورة التي تقول بالازدواجية الجسيمية والموجية. فكل جسيم متحرك يكون مصحوباً بموجة معينة وكذلك كل موجة تكون مصحوبة بنوع من انواع الجسيمات. وعلى هذا الاساس برهن على ان الالكترون يكون مصحوباً بموجة يتعلق طولها بكتلة الالكترون وسرعته وكذلك فإن الموجة الضوئية تكون مصحوبة بنوع من جسيمات الطاقة والتي اطلق عليها اسم الفوتونات (Pho- tons). ويجب هنا تذكر ان الضوء لا يمكن ان يسلك كجسم وموجة في آن واحد.

وتنقسم الاجسام بشكل عام الى قسمين، اجسام مضيئة ينبعث منها الضوء كالشمس والنجوم والمصابيح وغيرها واجسام غير مضيئة وهي ترى بما يصل اعيننا من اشعة ضوئية تنعكس عنها عندما تضاء بمصدر ضوئي معين وهي كثيرة جداً مثل المباني والقمر والاشجار وغيرها. والضوء الساقط على الاجسام غير المضيئة يتشتت في جميع الاتجاهات والضوء نفسه لا يرى وأن ما يرى في حجرة دخلها ضوء الشمس مثلاً من فتحة فيها انما هو دقائق الغبار العالقة في الهواء اذ تعكس الى عيني الناظر اشعة الشمس الساقطة عليها.

لقد قاس العلماء سرعة الضوء في الفراغ ووجدوها تساوي $3*10^8$ m/s تقريباً. وقد فسر العالم ماكسويل الضوء على انه امواج كهرومغناطيسية يمكن قياس اطوالها وسرعتها من معرفة بعض الثوابت الكهربائية والمغناطيسية فقط.

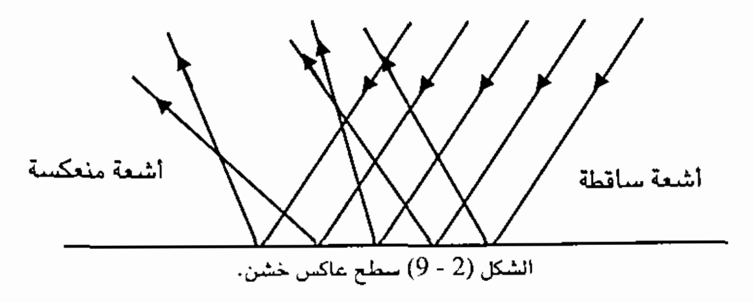
الانعكاس Reflection

لقد اصطلح على تسمية الخط المستقيم الذي ينتقل فيه الضوء من نقطة الى أخرى بالشعاع الضوئي. وإذا كان هناك مجموعة من الأشعة المتجاورة فإنها تسمى بالحزمة الضوئية. لو اسقطنا حزمة ضيقة من الضوء على سطح مرآة مستوية في غرفة مظلمة وتتبعنا مسار الأشعة الضوئية لوجدنا ان الاشعة المتوازية الساقطة على المرآة انعكست عنها متوازية ايضاً واتخذت لها مساراً محدداً كما هو موضح في الشكل (1 - 9) ويسمى هذا النوع من الانعكاس عن السطوح المستوية الملساء بالانعكاس المنتظم.



الشكل (1 - 9) مرآة مترية ملساء

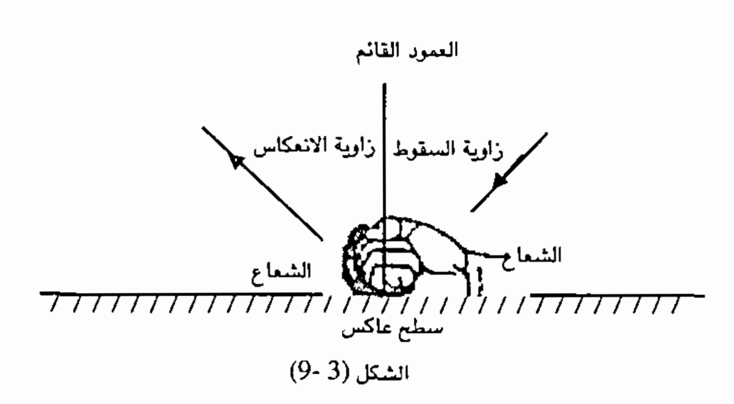
أما اذا استخدمت ورقة بيضاء مثلاً بدلاً من مرآة مستوية واسقطت عليها حزمة ضوئية كما هو موضح في الشكل (2 - 9) فإن الاشعة المنعكسة لا تميز لها مساراً محدداً بل تجدها مشتتة دون انتظام ويسمى ذلك الانعكاس بالانعكاس غير المنتظم.



الشكل (2 - 9) سطح عاكس خشن.

ينشأ عن الانعكاس المنتظم تكون الصور في المرايا مثلاً اما الانعكاس غير المنتظم فلا يمكن ان ينشأ عنه صور للأجسام.

يوجد قانونان مهمان للانعكاس وتنعكس الأشعة الضوئية عن أي سطح تبعاً لهذين القانونين. ينص القانون الأول للانعكاس على ما يلي: "يقع الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام على السطح العاكس من نقطة السقوط في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس". اما القانون الثاني فينص على ما يلي : "زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس دائماً". وكما هو موضح في الشكل (3 -9) فإن زاوية السقوط هي الزاوية الواقعة بين الشعاع الساقط والعمود المقام على السطح العاكس من نقطة السقوط، اما زاوية الانعكاس فهي الزاوية الواقعة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام على السطح العاكس من نقطة السقوط.



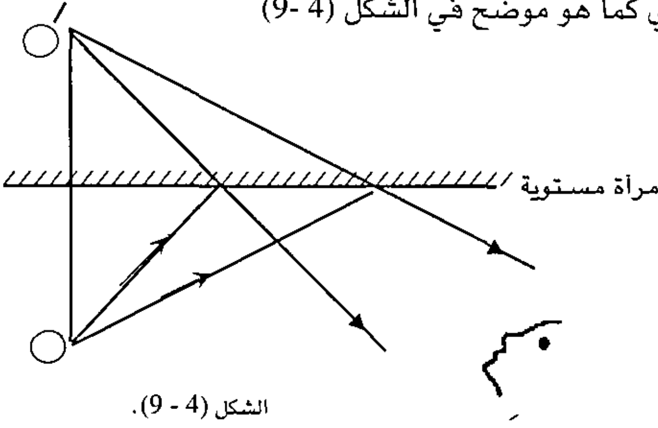
الشكل (3 -9)

تكون الصور في المرايا

المرايا نوعان مستوية وكروية، وتنقسم المرايا الكروية الى قسمين ايضاً مرايا محدبة ومرايا مقعرة وسندرس كيفية تكون الصور في هذه المرايا وخصائصها. وتعرف المرآة على انها جسم ذو سطح مصقول تعكس الأشعة الساقطة عليه بشكل منتظم. وتصنع معظم المرايا حالياً من الزجاج المغطى من الخلف بطبقة رقيقة من الفضة.

أ) المرايا المستوية Plannar Mirrors

تُرى الاجسام على امتداد الاشعة الداخلة الى العين، فلو اخذنا نقطة مضيئة مثل (O)، فإن الأشعة المنبعثة من هذه النقطة تنتقل في خطوط مستقيمة إلى العين. ولا يرى الانسان النقطة بذاتها بل يرى صورة (O) لهذه النقطة خلف المرآة وسبب ذلك ان النقطة ارسلت أشعة ضوئية إلى المرآة فانعكست عنها وسقطت على العين فاحدثت الاحساس البصري كما هو موضح في الشكل (4 -9)



الشكل (4 - 9).

وموقع الصورة (O) هو غير موضعها الحقيقي ولذلك تسمى الصورة (O) بصورة تخيلية وجميع الصور التخيلية تنشأ عن تلاقي امتداد الاشعة المنعكسة ولا يمكن استقبالها على حاجز معين. ويمكن تلخيص خواص الصور المتكونة بالمرايا المستوية بما يلي:

1 - طول الصورة يساوي طول الجسم

2 - بعد الصورة عن المرآة يساوي بعد الجسم عن المرآة ايضاً.

3 - الصورة معكرسة جانبياً بالنسبة للجسم.

4 - يكون الخط الواصل بين الجسم وصورته عمودياً على سطح المرآة.

5 - تكون الصورة دائما معتدلة وخيالية ولا يمكن جمعها على حاجز.

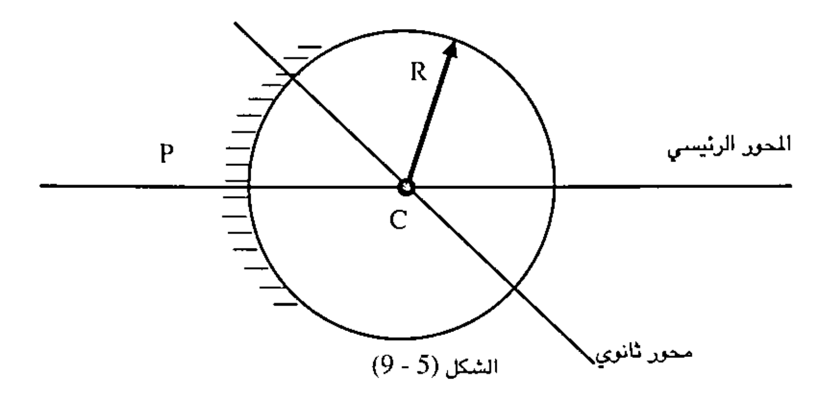
وتستخدم المرايا في كثير من الأجهزة الضوئية وفي حياتنا اليومية.

ب) المرايا الكروية Spherical Mirrors

تعرف المرآة الكروية بأنها مرآة سطحها العاكس جزء من سطح كره. وهناك نوعان كما ذكرنا من المرايا الكروية.

1) المرآة المقعرة: Concave Mirror

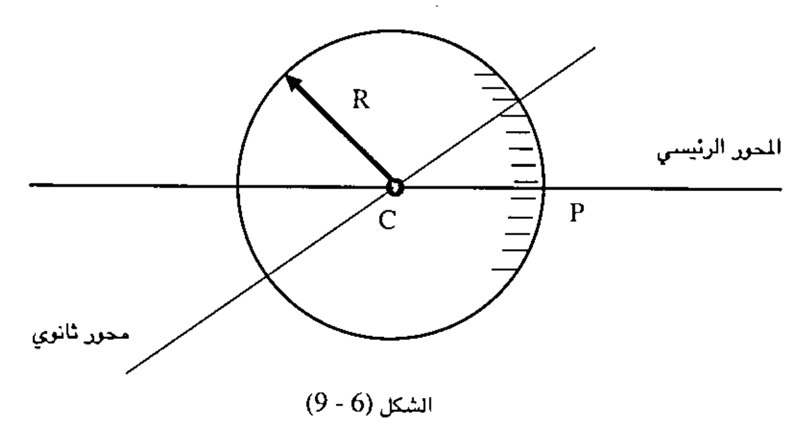
يكون سطح المرآة المقعرة جزء من السطح الداخلي لكرة جوفاء كما هو موض بالشكل (5 -9) ويقع مركز الكرة (C) أمام السطح العاكس.



الشكل (5 - 9)

2) المرآة المحدبة: Convex Mirror

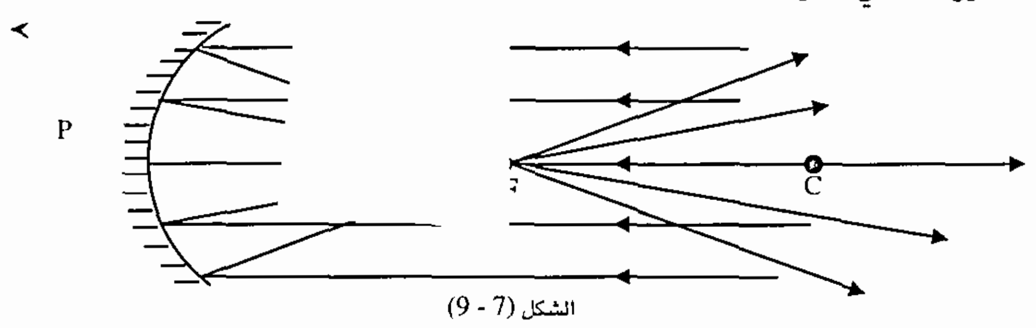
يكون سطح هذا النوع من المرايا الكروية جزءاً من السطح الخارجي لكرة كما هو موضح في الشكل (6 - 9) ويقع مركز الكرة خلف السطح العاكس.



الشكل (6 - 9)

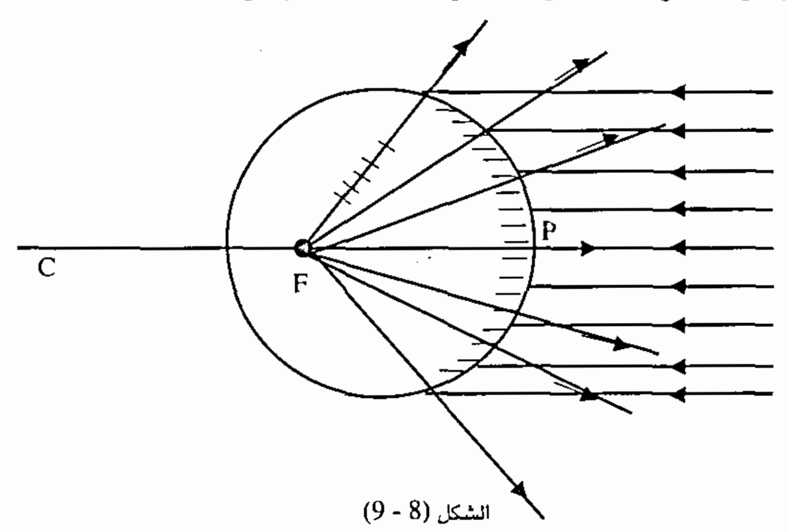
تسمى النقطة (C) بمركز التكور ونصف قطر الكرة (R) المآخوذة منه المرآة الكروية يسمى نصف قطر التكور للمرآة وبذلك يكون اي مستقيم يمر بمركز التكور عمودياً على سطح المرآة. اما النقطة (P) الواقعة في منتصف المرآة فتسمى بقطب المرآة، ويسمي الخط المستقيم المار بقطب المرآة ومركز تكورها بالمحور الرئيسي للمرآة واي خط مستقيم آخر يمر بمركز التكور واية نقطة عليها عدا قطبها يسمى محوراً ثانوياً. وبذلك يكون اي شعاع يمر بمركز الكرة (او امتداده) عموديا على سطحها وينعكس على نفسه. ومن الشكل (7 - 9)

نلاحظ انه لو اسقطنا حزمة من الأشعة الضوئية المتوازية على مرآة مقعرة نجد ان الاشعة اذا سقطت موازية لمحورها الرئيسي نستطيع رؤية نقطة مضيئة صغيرة جداً ويسمي موقع هذه النقطة بالبؤرة الاصلية ويسمي البعد بين قطب المرآة والبؤرة بالبعد البؤري وسنرمز له بالرمز f. وعليه فإن أي شعاع ساقط على المرآة المقعرة ماراً بالبؤرة فإنه ينعكس موازيا للمحور الاصلي للمرآة.



الشكل (7 - 9)

أما لو اسقطنا حزمة من الأشعة المتوازنة على سطح مرآة محدبة من مصدر ضوئي بعيد نجد ان الأشعة تتفرق وكأنها صادرة من نقطة خلف المرآة المحدبة كما هو موضح بالشكل (8 - 9). وتسمى هذه النقطة بالبؤرة الرئيسية للمرآة المحدبة. وعلى ذلك سميت المرآة المحدبة بالمرآة المفرقة اما المرآة المقعرة فقد سميت بالمرآة اللامة.

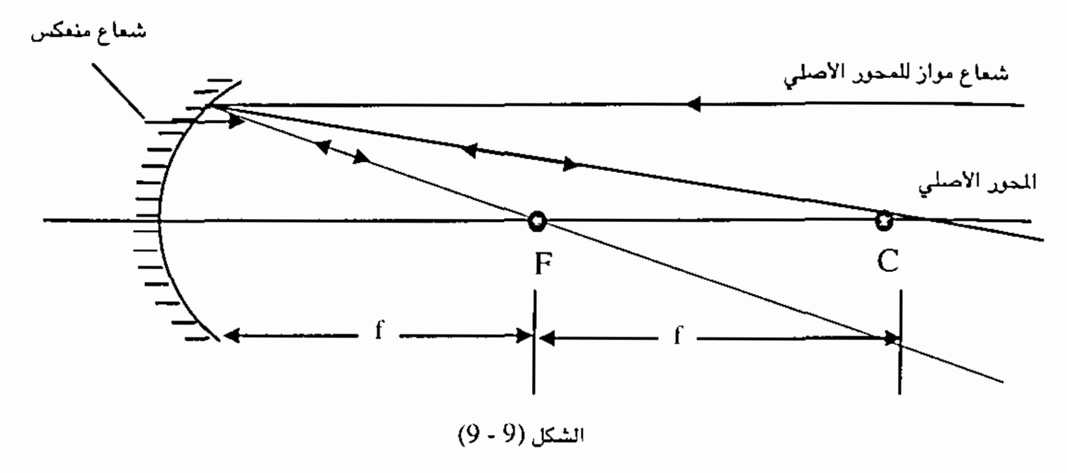


الشكل (8 - 9)

ويمكن اثبات أن ضعف البعد البؤري للمرآة الكروية يساوي نصف قطر تكورها اي أن:

$$f = \frac{R}{2} \quad \text{.......................} \quad (1)$$

ويوضح الشكل (9 - 9) بطريقة هندسية هذه العلاقة.



الشكل (9 - 9)

وبما أن العين ترى الأجسام على امتداد الاشعة الداخلة اليها فإن الصور المتكونة بالمرايا المقعرة قد تكون حقيقية أي يمكن تجميعها على حائط او خيالية اما الصور المتكونة بالمرايا المحدبة فجميعها خيالية ولا يمكن تجميعها على حائط.

القانون العام للمرايا الكروية: سنرمز لبعد الجسم عن المرآة بالرمز (O) ولبعد الصورة عن المرآة بالرمز (i) اما البعد البؤري فقد رمزنا له بالحرف f . لقد اتفق على قاعدة لإشارات الابعاد لكي يكون القانون العام للمرايا الكروية واحداً في جميع حالات الصور والقاعدة تتلخص في ما يلي:

1 - يكون البعد البؤري f للمرآة المقعرة موجباً، بينما يكون البعد البؤري f للمرآة المحدبة سالباً.

2 - يكون بُعد الصورة (i) موجباً إذا كانت الصورة حقيقية ويكون سالباً إذا كانت الصورة خيالية.

3 - يكون بُعد الجسم الحقيقي موجباً، بينما يكون بعد الجسم الخيالي (صورة خيالية مثلاً) سالباً.

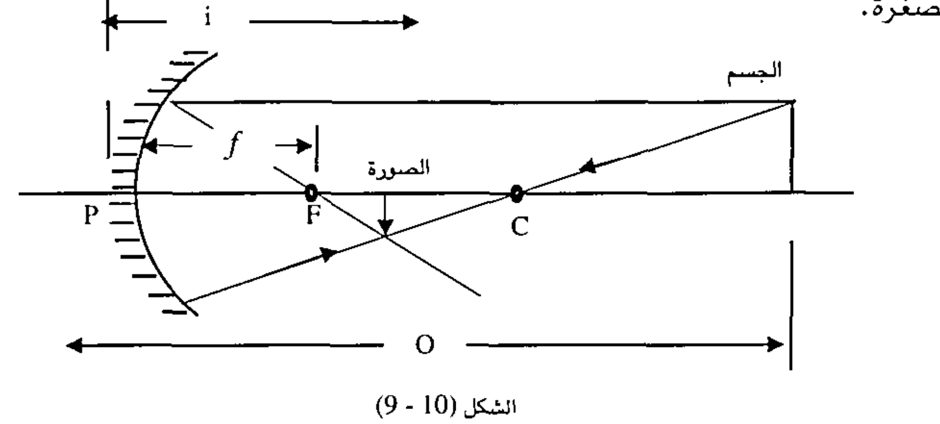
وتلخص هذه الامور في كون الابعاد الحقيقية دائماً موجبة اما القانون العام فرياضياً يكتب على الشكل التالي:

$$\frac{1}{O} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \qquad \text{.......} (3)$$

ويمكن اثبات صحة هذه العلاقة بطريقة هندسية بسيطة.

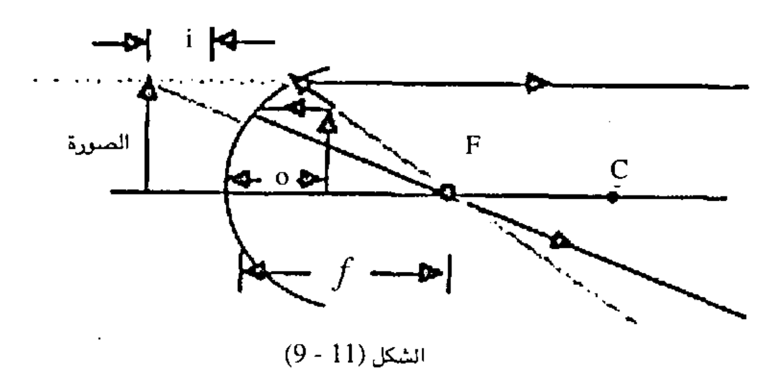
بالنسبة للمرآة المقعرة يمكن ان تكون الصورة حقيقية او خيالية فتكون الصورة حقيقية اذا كانت (o) اكبر من f اما اذا كانت (o) اقل من f فإن الصورة تكون خيالية كما هو موضح في الشكلين (10 - 9) ، (11 - 9).

يوضح الشكل (10 - 9) تكون صورة حقيقية للجسم ويتضح ان هذه الصورة مقلوبة ومصغرة.



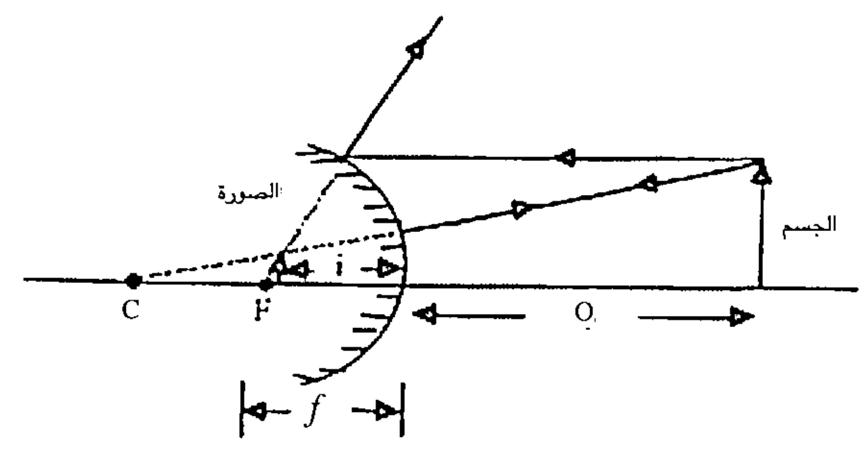
الشكل (10 - 9)

أما الشكل (11 - 8) فيوضح تكون صورة خيالية للجسم معتدلة ومكبرة.



الشكل (11 - 9)

أما في حالة المرآة المحدبة فالشكل (12 - 9) يوضح بأن الصورة تكون دائماً خيالية معتدلة ومصغرة.



الشكل (12 - 9)

والآن لا بد من تعـريف التكبـيـر magnification (m) والذي يتـعلق بحـجم الصـورة المتكونة بالنسبة لحجم الجسم وتعرف بالعلاقة التالية:

$$m = \frac{i}{o} \quad \text{......} \quad (3)$$

ومن هذه العلاقة نستنتج ان التكبير يكون موجباً اذا كانت الصورة حقيقية وأن الصورة الحقيقية تكون دائماً مقلوبة اما اذا كان التكبير سالباً فان الصورة تكون دائماً خيالية ومعتدلة.

مثال (1) : جسم طوله (10 cm) وضع على بعد (50 cm) من مرآة كروية بعدها البؤري (40 cm). اوجد خواص الصورة المتكونة اذا كانت المرآة:

أ) مقعرة ب) محدبة

الحل: أ) مرآة مقعرة:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{i}$$

$$\frac{1}{40} = \frac{1}{50} + \frac{1}{i}$$

$$\therefore \frac{1}{i} = \frac{1}{40} - \frac{1}{50} = \frac{5-4}{200} = \frac{1}{200}$$

$$\therefore i = 200 \text{ cm} = 2\text{m}$$

فالصورة حقيقية مقلوبة ومكبرة والتكبير يساوي

$$m = \frac{200}{50} = 4$$

∴ طول الصورة = $4 \times 10\ cm = 40cm$

ب) مرآة محدبة:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{i}$$

$$\frac{1}{-40} = \frac{1}{50} + \frac{1}{i}$$

$$\frac{1}{i} = -\frac{1}{40} - \frac{1}{50} = -\frac{9}{200}$$

$$\therefore i = -\frac{200}{9}\ cm$$

وبما ان i سالبة اذن الصورة خيالية والتكبير m يساوي

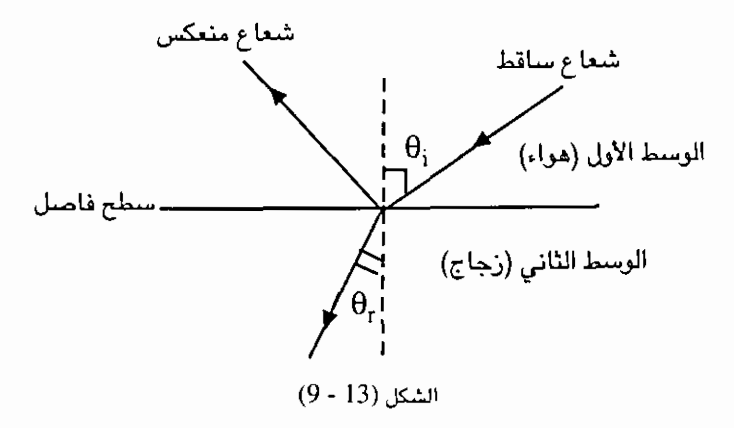
$$m = -\frac{200}{9 \times 50} = -\frac{4}{9}$$

فالصورة مصغرة ومعتدلة

طول الصورة = $10\ cm \times \frac{4}{9} = \frac{40}{9}\ cm$

الانكسار Refraction

إذا سقط شعاع ضوئي على سطح فاصل بين وسطين شفافين كالهواء والزجاج مثلاً فإن جزءاً من الشعاع الساقط ينعكس بينما ينفذ الجزء الآخر كما هو موضح في الشكل(13 - 9). ويلاحظ هنا ان الشعاع الساقط قد غير اتجاهه عند السطح الفاصل بين الوسطين ولكنه يسير في خط مستقيم في كل وسط. إن ظاهرة التغير المفاجيء لاتجاه انتقال الضوء بين وسطين شفافين تسمى بظاهرة الانكسار. وتسمى الزاوية بين العمود المقام على السطح الفاصل عند نقطة السقوط والشعاع المنكسر بزاوية الانكسار.



الشكل (13 - 9)

لقد ثبت عملياً ان النسبة بين جيب زاوية السقوط الى جيب زاوية الانكسار لأي وسطين يساوي مقداراً ثابتاً ويسمى هذا الثابت بمعامل الانكسار النسبي بين الوسطين. ويمكن كتابة ذلك رياضياً على الشكل:

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = n_{21} \quad \dots\dots (4)$$

حيث n_{21} معامل الانكسار النسبي بين الوسطين، θi زاوية السقوط في الوسط الاول و θr زاوية الانكسار في الوسط الثاني. ويسمي معامل الانكسار النسبي في حالة انتقال الضوء من الفراغ إلى أي وسط شفاف بمعامل الانكسار المطلق n واعتبر بذلك معامل الانكسار المطلق للفراغ مساوياً واحداً وقد وجد أن معامل الإنكسار المطلق للهواء يساوي واحداً تقريباً.

ويلخص الجدول (1 - 9) قيم معامل الانكسار المطلق لبعض المواد.

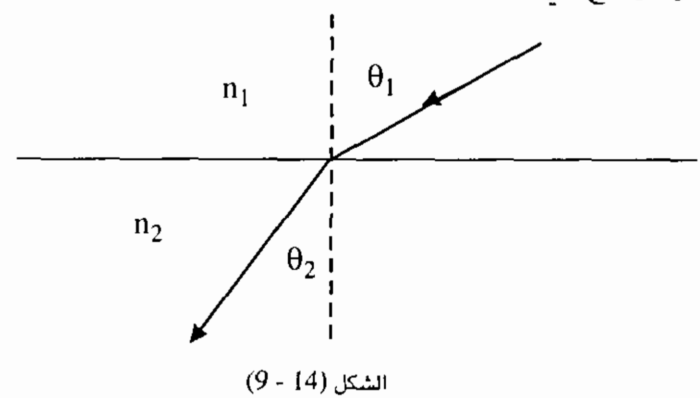
الجدول (1 - 9) قيم معامل الانكسار المطلق لبعض المواد

المادة	معامل الانكسار
الهواء	1.00029
الماء (على درجة 20 م)	1.33
الألماس	2.42
الزجاج (حسب نوعه)	1.5 - 1.89
كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)	1.54
محلول السكر (30%)	1.38
الكحول الاثيلي	1.36

تعرف المعادلة (4) بقانون سنل (Snell's law) للانكسار ويكتب هذا القانون بصورته الاكثر استخداماً وهي:

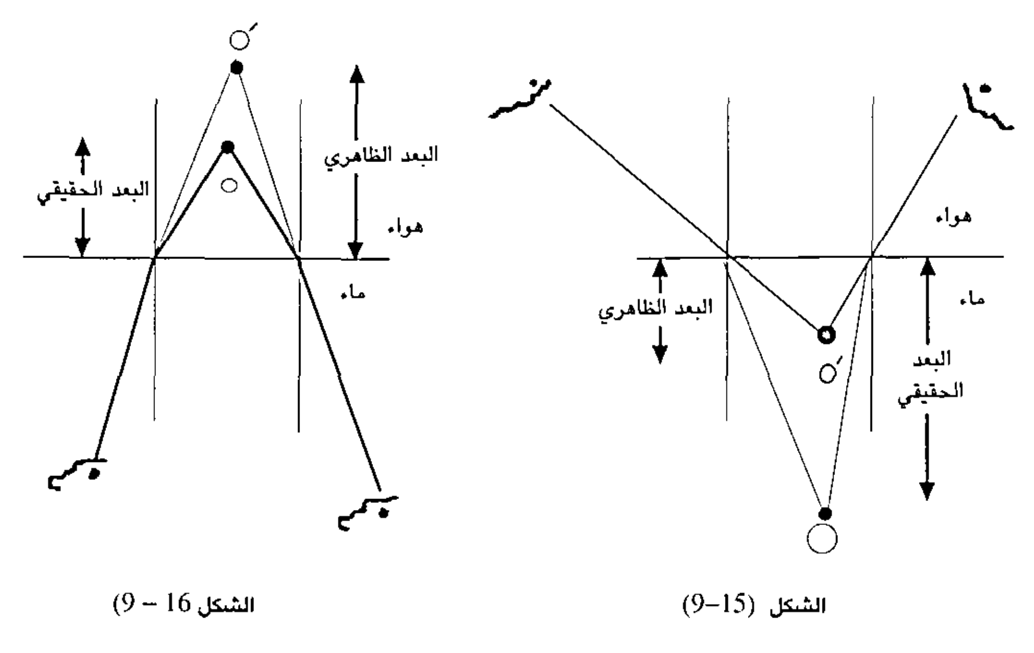
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{.......} \quad (5).$$

حيث n_1 معامل الانكسار المطلق للوسط الاول و n_2 معامل الانكسار المطلق للوسط الثاني. كما هو موضح في الشكل (14 - 9)



الشكل (14 - 9)

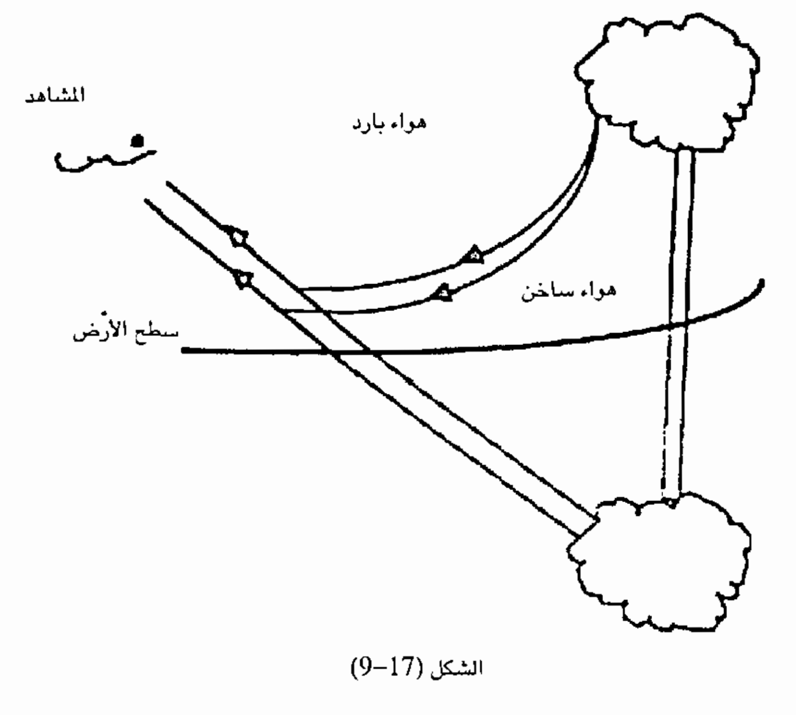
لقد لوحظ أنه عند سقوط شعاع ضوئي من وسط شفاف معامل انكساره عال كالزجاج مثلاً على وسط اخر معامل انكساره اصغر من معامل إنكسار الوسط الأول فان الشعاع المنكسر يبتعد عن العمود المقام على السطح الفاصل عند نقطة السقوط. وتزداد زاوية السقوط الى ان ينكسر الشعاع موازيا للسطح الفاصل وفي هذه الحالة تكون زاوية الانكسار قد وصلت الى 90^0 وتسمى زاوية السقوط بالزاوية الحرجة وبسبب ظاهرة الانكسار يكون للجسم بعد غير حقيقي يسمى البعد الظاهري في هذه الحالة كما هو موضح في الشكلين (15-9) و (16-9).



الشكل 16 – 9)

الشكل (15–9)

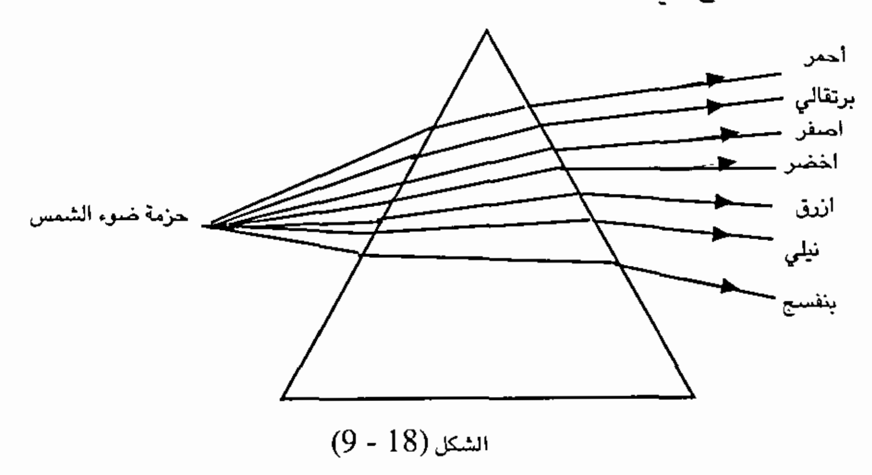
ويمكن استخدام ظاهرة الانكسار هذه لتفسير الظاهرة الطبيعية المعروفة باسم السراب. إن سبب حدوث السراب هو كون الارض الجافة (الصحراوية مثلاً) ساخنة في وقت الظهيرة فتسخن طبقة الهواء الملامسة لها فتقل كثافتها وتكون بذلك كثافة الهواء في الطبقات العليا اكبر. فعند سقوط اشعة من اعلى الى اسفل (من وسط كثافته عالية الى وسط كثافته اقل) مثل شجرة مثلاً فإن هذه الاشعة تنكسر مبتعدة عن العمود المقام وتكبر زوايا السقوط كلما اقتربت من سطح الارض حتى تصبح عندها زاوية السقوط اكبر من الزاوية الحرجة فتنعكس الاشعة انعكاساً كليا وتصعد الى الاعلى ثانية وحينئذ تنتقل من وسط قليل الكثافة الى وسط كثافته عالية نسبياً فتنكسر مقتربة من العمود المقام وبذلك يصبح مسار الاشعة منحنياً فإذا سقطت تلك الاشعة مرة ثانية على العين فإذا المشاهد يرى سطحا لامعاً يظهر له كسطح ماء ويرى صورة تقديرية مقلوبة للشجرة مثلا التي صدرت عنها الاشعة والشكل (17-9) يوضح ذلك.



الشكل (17-9)

ويحدث عكس ظاهرة السراب هذه في المناطق الباردة حيث يرى المشاهد صورة معكوسة للأجسام معلقة في الهواء.

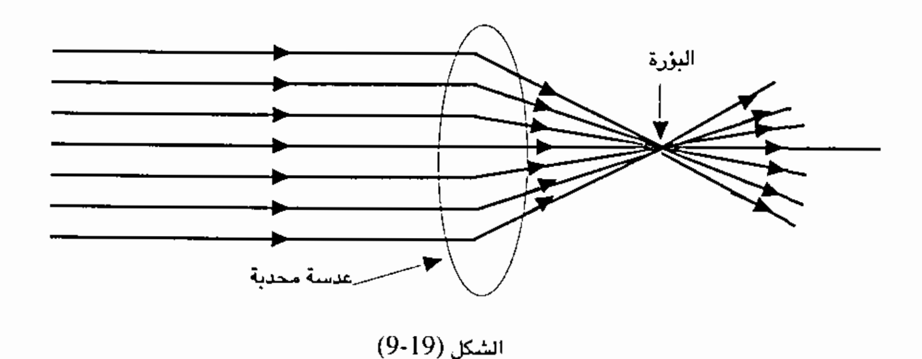
وبسبب ظاهرة الانكسار هذه للضوء يمكن استخدام منشور زجاجي لتحليل الضوء. فلو اسقطنا شعاع ضوء ابيض على منشور زجاجي نشاهد الضوء ينقسم الى الوانه السبعة وهي: الأحمر والبرتقالي والاصفر والاخضر والازرق والنيلي والبنفسجي ويطلق عليها اسم الطيف وهذا موضح في الشكل (18 - 9).



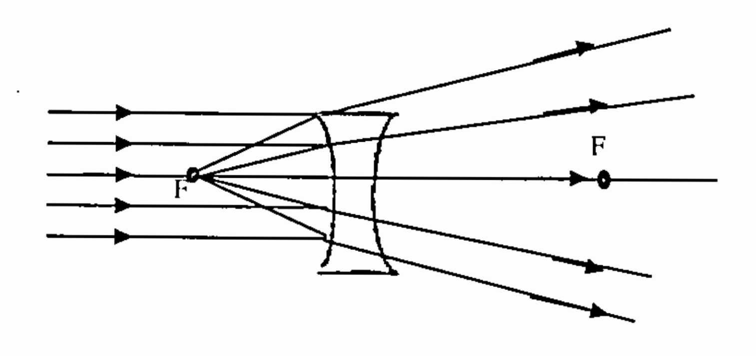
الشكل (18 - 9)

العدسات Lenses

تعرف العدسة على انها جسم مصنوع من مادة شفافة كأسرة للضوء محدود بسطحين كرويين او سطح كروي وآخر مستوى بحيث تستطيع العدسة تجميع الأشعة المتوازية الساقطة عليها في نقطة واحدة (او تفرق تلك الاشعة ولكن تبدو الاشعة متفرقة من نقطة واحدة) وتسمى تلك النقطة التي تجمع فيها الأشعة (او تبدو متفرقة منها) بالبؤرة. وبذلك تقسم العدسات الى نوعين: محدبة وتسمى بالعدسة المجمعة ومقعرة وتسمى بالعدسة المفرقة كما هو واضح في الشكلين (9-19) و (9-20)

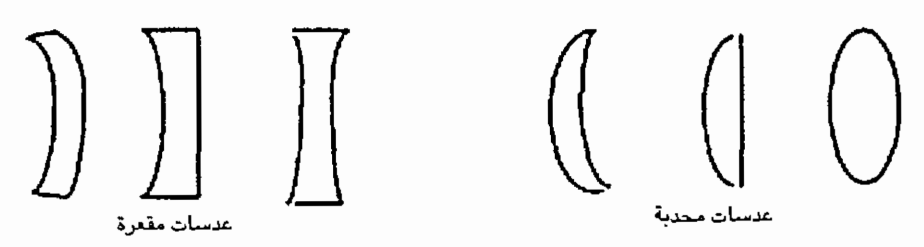


الشكل (9-19)



الشكل (9 - 20)

تكون العدسات المحدبة (المجمعة) اسمك ما تكون في المنتصف بينما تكون العدسات المقعرة (المفرقة) اسمك ما تكون عند اطرافها والشكل (21 - 9) يوضح عدة اشكال للعدسات المقعرة والمحدبة. وسنركز اهتمامنا على العدسات الرقيقة فقط.



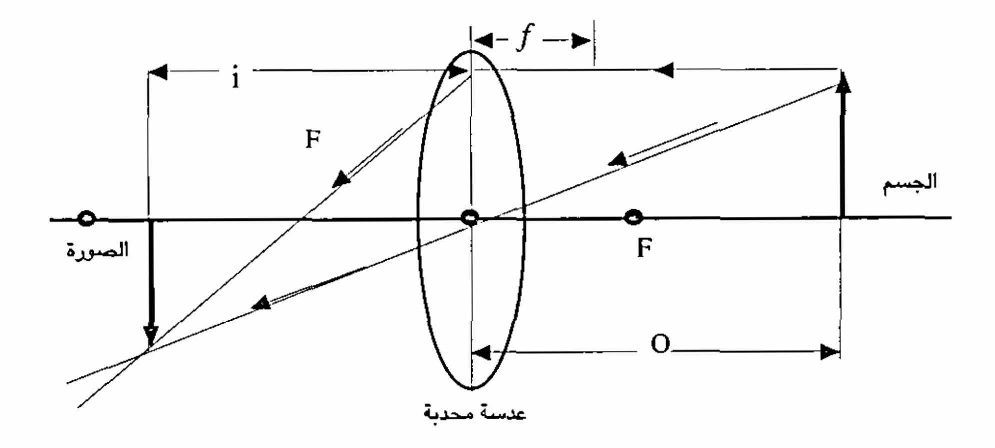
الشكل (21 - 9)

أما من حيث تكون الصور بالعدسات فهناك تشابه كبير بين العدسات الكروية والمرايا الكروية. وتكون الأبعاد الحقيقية موجبة بينما تكون الابعاد الخيالية (التقديرية) سالبة ولذا يعتبر البعد البؤري للعدسة اللامة موجباً بينما يعتبر البعد البؤري للعدسة المفرقة سالباً ويجب ان نذكر هنا بأن بعد الصورة الحقيقية موجباً ويكون موقعها خلف العدسة بينما يكون بعد الصورة الخيالية سالباً وتقع امام العدسة وهذا بعكس مواقع الصور في حالة المرايا الكروية.

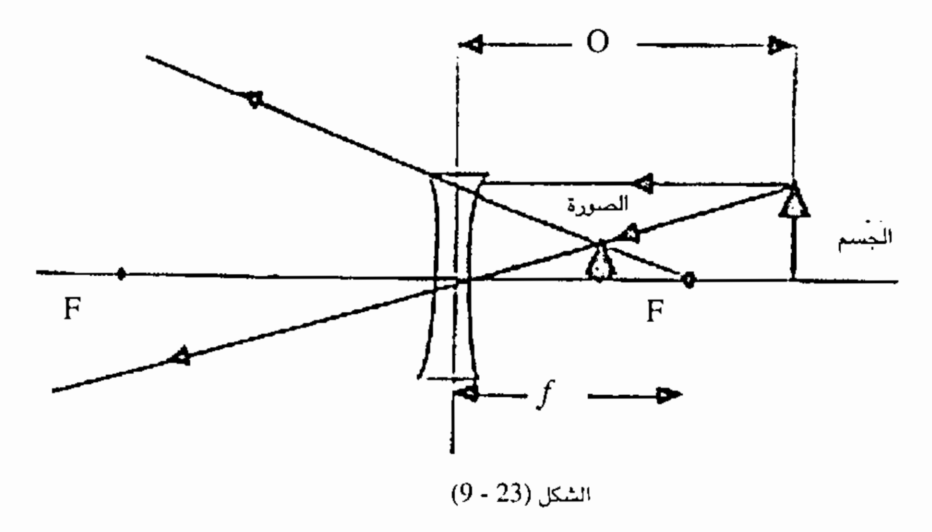
اما القانون العام للعدسات فهو

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{i} \quad \text{.................} \quad (7)$$

حيث f هو البعد البؤري للعدسة و O بعد الجسم و i بعد الصورة مع مراعاة الاشارة المناسبة لهذه الابعاد ويوضح الشكل (22 - 9) كيفية تحديد الصورة هندسياً في العدسة المحدبة (اللامة) بينما يوضح الشكل (23 - 9) كيفية تحديد الصورة في العدسة المقعرة (المفرقة).



الشكل (22 - 9)



الشكل (23 - 9)

وكما عرّفنا التكبير في المرايا الكروية نعرف التكبير في العدسات الكروية بنفس الطريقة. ويعطي التكبير m للعدسة الكروية بالعلاقة

$$m = \frac{i}{o} \qquad (8)$$

مع مراعاة الاشارة المناسبة لكل من i و o وينطبق على التكبير في العدسات كل ما ذكرناه بالنسبة للمرايا الكروية.

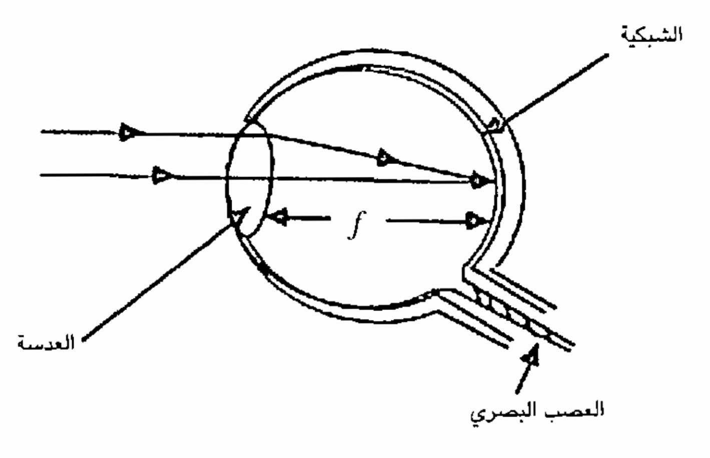
الآلات البصرية

الآلات البصرية كثيرة ومتعددة وسنذكر باختصار بعض الأجهزة البصرية المهمة. من أهم الاجهزة البصرية العين البشرية والمجهر والتلسكوب وآلات التصوير.

1 - العين

إن العين البشرية هي اكثر الآلات البصرية تعقيداً. فجهاز العدسات الفعلي فيها ليس معقداً ولكن جهاز الذاكرة المصاحب لها معقد جداً شبه الانسان نفسه ولا يزال علماء الفيزياء الحيوية يحاولون فهم آلية نقل الصورة واحساس الانسان بها بشكل دقيق.

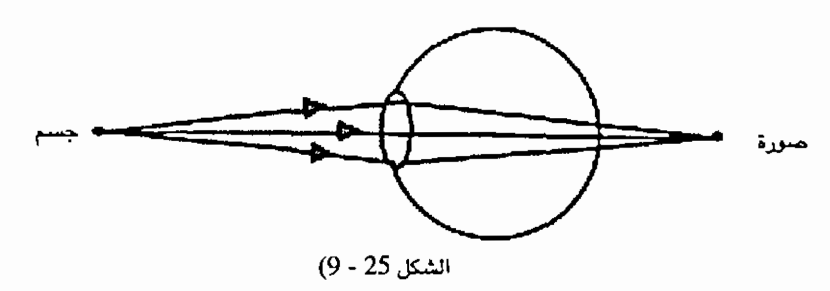
يوضح الشكل (24 - 9) رسماً توضيحياً للعين وتشبه العين آلة التصوير في مبدأ عملها اذ تقوم عدسة العين بتكوين صورة حقيقية مقلوبة على شبكية العين. والشبكية عبارة عن نسيج حساس للضوء يشبه اللوح الحساس الموجود في آلة التصوير. وينقل العصب البصري بدوره التأثيرات الضوئية الى الدماغ الذي يقوم بدوره بتفسيرها.



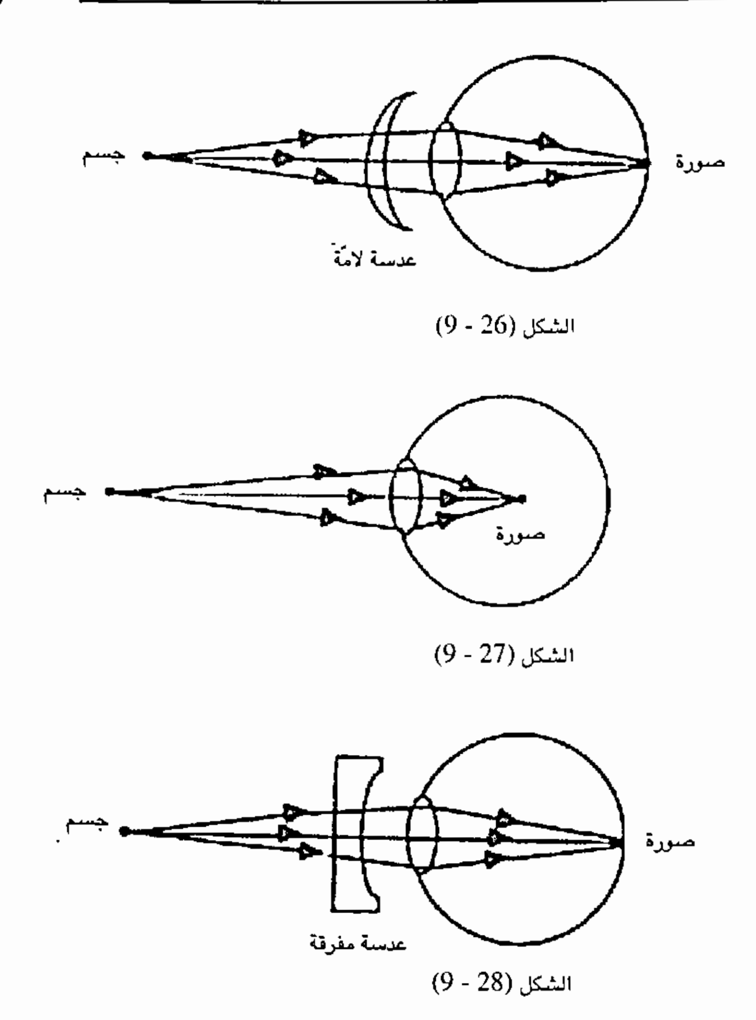
الشكل (24 - 9)

وعدسة العين تختلف عن العدسات العادية في قدرتها على تكييف نفسها وذلك بفضل عضلات العين المحيطة بها فبانقباضها او انبساطها يتحدد مقدار تحدبها وكذلك بعدها البؤري لتتكون للجسم صورة حقيقية على الشبكية حيث تكون المسافة بين عدسة العين والشبكية مساوية للبعد البؤري للعدسة. والعين السليمة تستطيع التكيف لرؤية اجسام بعدها كبير جداً الى اجسام على بعد 25 cm.

ويحدث احياناً ان تصاب العين ببعض العيوب المعروفة لدينا مثل طول النظر او قصر النظر. فطول النظر يحدث عندما تفقد عضلات العين قدرتها علي التكيف ويكون البعد بين عدسة العين والشبكية اقل من البعد البؤري لعدسة العين فيتكون تبعاً لذلك صور للأجسام خلف الشبكية كما هو موضح في الشكل (25 - 9) . ويمكن تصحيح طول النظر باستخدام عدسة لامة كما هو موضح في الشكل (26 - 9). اما قصر النظر فيحدث عندما لا تستطيع عضلات العين ارخاء عدسة العين الى حد يسمح بأن تتكون صورة للجسم على الشبكية فتكون المسافة بين عدسة العين والشبكية اكبر من البعد البؤري لعدسة العين وتبعاً لذلك تتكون صور الاجسام اما الشبكية كما هو موضح في الشكل (27 - 9) ويمكن تصحيح قصر النظر باستخدام عدسة مفرقة كما هو موضح في الشكل (28 - 9).



الشكل 25 - 9)



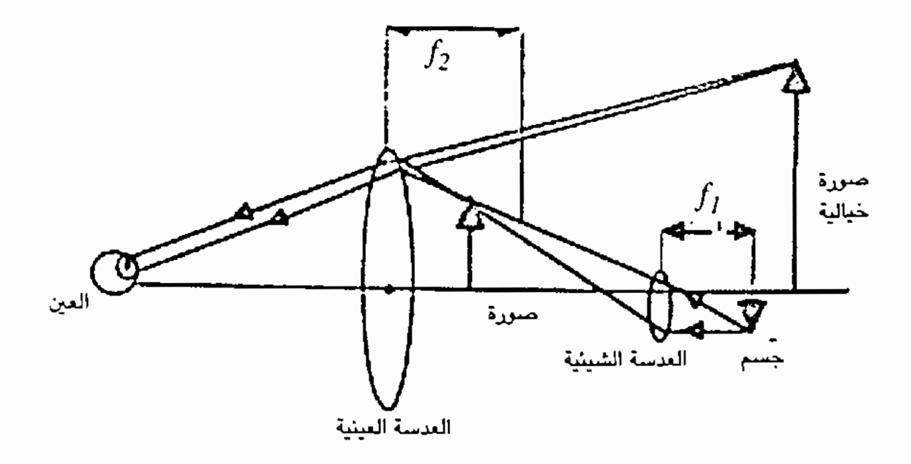
الشكل (26 - 9)

الشكل (27 - 9)

الشكل (28 - 9)

3 - المجهر المركب

يتألف المجهر المركب في ابسط صورة من عدستين محدبتين (لامتين) مثبتتين عند طرفي انبوب. الأولى تسمى بالعدسة الشيئية ويكون بعدها البؤري صغيراً. أما العدسة الثانية فتسمى بالعدسة العينية. وكما يوضح الشكل (29 - 9) فإن العدسة الشيئية تكون للجسم المراد رؤيته صورة حقيقية مكبرة مقلوبة وتقع على بعد اصغر من البعد البؤري للعدسة العينية فيتكون تبعاً لذلك صورة خيالية مكبرة ومعتدلة على مسافة مناسبة للرؤية من العدسة العينية.



الشكل (29 - 9)

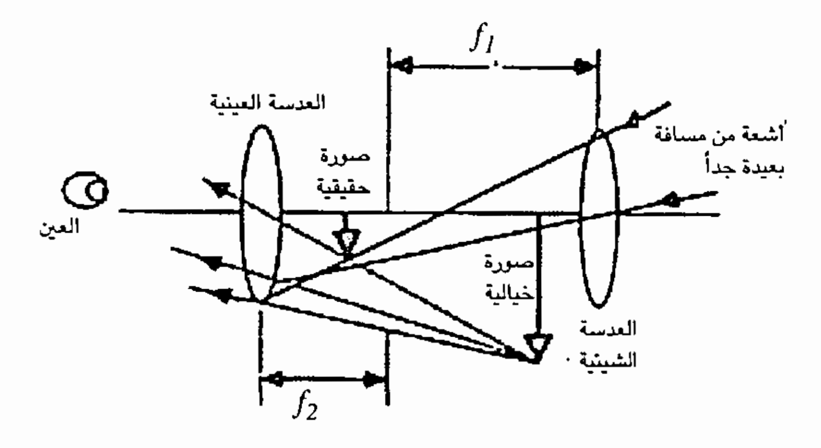
ويمكن حساب التكبير للمجهر المركب بضرب تكبير العدستين الشيئية والعينية معاً. أي ان التكبير الكلي للمجهر m يعطى بالعلاقة.

$$m = M_1 M_2 \qquad (9)$$

حيث M_1 هو تكبير العدسة الشيئية و M_2 هو تكبير العدسة العينية.

3 - التلسكوب

يشبه التلسكوب المجهر المركب غير ان عدسته الشيئية ذات بعد بؤري كبير وتعمل العدسة العينية للتلسكوب بنفس الطريقة التي تعمل بها في المجهر المركب. ويوضح الشكل (30 - 9) تركيب التلسكوب بابسط صوره.



الشكل (30 - 9)

تكون طول انبـوبة التلسكوب تقـريبـاً مسـاوية $(f_2 + f_1)$ تقـريبـاً، وتكون قـوة تكبـيـر التلسكوب m مساوية

$$m = \frac{f_1}{f2} \quad \text{.......} \quad (10)$$

وتزداد قوة تكبير التلسكوب كلما كان البعد البؤري للعدسة الشيئية كبيراً مقارنة بالبعد البؤري للعدسة العينية. والتلسكوبات الفلكية الحديثة يكون تركيبها اكثر تعقيداً من الشكل المبسط الذي شرحنا وتستخدم المرايا في تركيبها بالاضافة للعدسات الكروية المحدبة.

الخلاصة

درسنا في هذا الفصل الضوء، طبيعته، وسـرعة انتشـاره، وانعكاسـه وانكسـاره، وتكون الصور في المرايا المستوية، والمرايا المحدبة والمقعرة، كما درسنا العدسات وتكون الصور فـيهـا، وأخيـراً درسنـا الآلات البـصـرية والعين البـشـرية، بالإضـافـة الى تركيب المجـهـر، والتلسكوب. وسنناقش في الفصل اللاحق الحرارة، ماهيتها وطرق قياسها وانتقالها.

أسئلة وتمارين

س 1 : فسرّ ما يلي: لا يبدو الجسم المغمور في الماء على نفس العمق تحت السطح كما هو الواقع حينما ينظر اليه الإنسان من أعلى الماء(استعن بالشكلين 8-16 ,8-17)

س 2 : كيف يمكن تحديد البعد البؤري لعدسة مجمعة؟ ولعدسة مفرقة؟

س 3 : يسقط شعاع ضوئي على لوح من الزجاج معامل انكساره 1.5 احسب:

أ) زاوية السقوط إذا كانت زاوية الانكسار تساوي 30^0.

ب) الزاوية بين الشعاع الذي يخرج من لوح الزجاج والعمود المقام على السطح.

س 4 : مـرآة مـقـعـرة نصف قطر تكورها 10cm. وضع جـسم ارتفـاعـه 2 cm أمـام المرآة وعلى بُعد 20 cm أمامها.

أ) جد موقع الصورة المتكونة وصفاتها

ب) احسب التكبير

س 5 : وُضع جسم على بُعد 30 cm من مرآة محدبة بعدها البؤري 10cm

أ) أين تقع صورة الجسم؟

ب) احسب التكبير وبيّن نوع الصورة

س 6 : أين يمكن وضع جسم ما أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 20 cm بحيث تتكون للجسم صورة حقيقية وحجم الصورة يساوي ضعف حجم الجسم؟

س 7 : جد وضع وحجم وطبيعة الصورة المتكونة بواسطة عدسة مقعرة بعدها البؤري 20 cm إذا وضع جسم ارتفاعه 2 cm على الأبعاد التالية أمام العدسة:

أ) 20 cm ب) 40cm جـ) 60 cm د) 80 cm

س 8 : وضعت عدسة محدبة أمام مرآة مستوية وعلى بُعد 60cm. إذا كان البُعد البؤري للعدسة 15 cm ووضع جسم على بعد 30 cm من العدسة. صِف الصورة المتكونة عن هذه المجموعة.

س 9 : وُضعت عدسة مقعرة بعدها البؤري 10 cm على بُعد 20 cm وعلى يمين مرآة كروية مقعرة نصف قطرها 25cm إذا وضع جسم على بعد 10cm إلى يمين العدسة، فأوجد الصورة المتكونة عن هذه المجموعة.

س10 : إذا كان البُعد البؤري للعدسة الشيئية للميكروسكوب البسيط 2cm، بينما كان البُعد البؤري للعدسة العينية 10cm فاحسب قوة تكبير الميكروسكوب.

س 11 : صُنع تلسكوب فلكي بحيث كان البعد البؤري للعدسة الشيئية حوالي 20m، بينما كان البعد البؤري للعدسة العينية حوالي 10cm . ما هي قوة تكبير ذلك التلسكوب؟

س 12: يعاني شخص من قصر النظر، فلا يرى بوضوح الأجسام التي يزيد بعدها عن 25 سم. ما نوع العدسة اللازمة له، واحسب بُعدها البؤري؟

س 13 : يعاني شخص من طول النظر، فلا يرى بوضوح الأجسام التي يقل بعدها عن 80 سم. ما نوع العدسة اللازمة له، واحسب بعدها البؤري؟

الفصل العاشر

الحـــرارة

مقدمة

ظلت طبيعة الحرارة مصدر اهتمام الإنسان منذ أن اكتشف النار في قديم الزمن. والخواص العجيبة للنار جعلت الإنسان القديم يؤلهها .وفي القرن الثامن عشر كان الناس يعتقدون أن الحرارة عبارة عن سائل شفاف لا وزن له يتنافر مع نفسه وينتقل من الأجسام الساخنة للباردة. وقد سمي هذا المائع كالوريك. وعند تبريد قطعة من المعدن الساخن بالماء كان يعتقد أن السيال الحراري كالوريك - ينساب من المعدن إلى الماء. وعندما ينتزع اللهب قطعة من الخشب المشتعلة يتحرر السيال الحراري - كالوريك - وينساب إلى الأجسام الأخرى، أو هكذا كان الناس يظنون في الثمانينات من القرن الثامن عشر. وكل قطعة من المادة -حسب الاعتقاد السائد في ذلك الوقت - تحتوي على كمية أكبر أو أقل من الحرارة حسب حرارتها.

ولم يواجه مفهوم السيال الحراري السائد أي مؤثر إلا في التسعينات من القرن الثامن عشر. وكان بنيامين طومسون (الذي منح لقب كونت رمفورد) هو الذي حطم نظرية الكالوريك. التحق رمفورد الأمريكي الأصل بالقوات البريطانية أثناء الثورة الأمريكية، وأصبح خبيراً للأسلحة وخدم كموظف رسمي في حكومة بافاريا لسنوات طويلة. وفي ذلك الوقت قام رمفورد بإجراء عدد من التجارب العملية في ورشة للمدافع في دار صناعة الأسلحة الحربية بميونخ.

لاحظ ومفورد تولد كمية كبيرة من الحرارة اثناء ثَقْب مواسير المدافع. وحيث ان الشظايا المعدنية المقطوعة بالمثقاب قد فقدت الكالوريك، أي الحرارة المنطلقة في عملية الثقب، فإن الشظايا يجب أن تختلف عن المعدن الأصلي الذي لم يفقد الكالوريك، وبالرغم من ذلك فإن رمفورد لم يستطع إيجاد أي فرق بين الشظايا والمعدن الأصلي في قدرتها على الاحتفاظ بالحرارة او إطلاقها. وفي محاولة لدراسة هذه الظاهرة ببعض التفصيل جرب رمفورد مثقابا كليلا (غير حاد الطرف) جداً لا يستطيع قطع المعدن، وبالرغم من عدم قطع أي جزء من المعدن وُجِدَ أن المثقاب يولد الحرارة أيضاً أثناء دورانه وحكه في المعدن. وفي الحقيقة كان المثقاب يولد كمية من الحرارة كافية لغليان كمية من الماء موجودة في تجويف داخل المعدن. ومهما تكرر استخدام المثقاب بالطريقة السابقة التي وصفها رمفورد؟ فإن الحرارة كانت تتولد بسهولة في كل مرة يعاد استخدام المثقاب فيها. ومن هذا استنتج رمفورد ان مصدر الحرارة لا ينفد. وبالإضافة الى ذلك استنتج أن الحرارة لا تأتي من المعدن، ولكن من دوران المثقب. ولذلك نبذ رمفورد مفهوم الكالوريك تماماً في عام

1798. وبدلاً من ذلك افترض أن حركة المثقاب تنقل الحركة الى جزيئات المعدن وان الحرارة هي هذه الحركة بالفعل. وطالما استمر المثقاب في نقل الحركة الى المعدن بواسطة قوى الاحتكاك فإن الحرارة والحرارة تستمر في الزيادة في داخل المعدن. وفي منتصف القرن التاسع عشر عندما أعلنت نظرية بقاء الطاقة وان الحرارة هي نوع من أنواع الطاقة مثلها مثل طاقة الحركة وطاقة الوضع.

ثم ظهرت النظرية الجزيئية للمادة ونظرية الحركة في الغازات وعرف أن المادة تتركب من جزيئات متناهية في الصغر دائمة الحركة. وجزيئات المادة الواحدة متماثلة ولها نفس التركيب والكتلة والخواص الميكانيكية والطبيعية. وكان من أهم دعامات هذه النظرية خاصية الانتشار في الأجسام المختلفة. فإذا أحضرنا لوحين من فلزين نقيين أ ، ب ثم ضغطا متلامسين لمدة طويلة فإننا نجد أن ذرات المادة أ قد انتقلت الى اللوح ب والعكس بالعكس. ويمكن الاستدلال على ذلك بواسطة التحليل الكيميائي الدقيق، والانتشار في السوائل أسهل منه في الأجسام الصلبة.

أما في الغازات فيتم بسرعة كبيرة لدرجة أنه يمكنك أن تشم رائحة زجاجة عطر بعد ثوان من فتحها وأنت على بعد أمتار منها. وبالرغم من هذه الحركة المستمرة لجزيئات المادة توجد بينها قوى جزيئية تمنعها من الانفصال وتحفظها في وضع الاتزان وتقل هذه القوى إذا انتقلنا من الحالة الصلبة للمادة الى الحالة السائلة، أما في الحالة الغازية فهذه القوى من الصغر بحيث تصبح هذه الجزيئات حرة الحركة تقريباً وهذا يفسر سرعة انتشار الغازات.

بالإضافة الى الحركة الانتقالية لجزيئات المادة والتي يتسبب عنها ظاهرة الانتشار تتحرك الجزيئات داخل المواد (الصلبة والسائلة على وجه الخصوص) تحت تأثير القوى الجزيئية حركة تذبذبية حول مواضع الاتزان لكل جزيء منها وتتوقف سعة هذه الحركة على مقدار الطاقة الداخلية للجسم فكلما ازدادت هذه الطاقة الداخلية بتزويد الجسم من الخارج بطاقة حرارية مثلاً ازدادت سعة هذه الذبذبات ويتم بهذه الوسيلة اختزان الجسم لهذه الطاقة على شكل طاقة ميكانيكية.

تعريف كمية الحرارة Quantity of Heat

تسمى وحدة كمية الحرارة بالسعر ويعرف السعر بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة . وبذلك تكون كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة من الماء ك غرام من درجة1 م إلى درجة 2 م هي:

ح = ك × 1 × (ك2 - ك1)

وتعرف السعة الحرارية لجسم ما بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارته درجة مئوية واحدة. وإذا فرضنا وجود كمية من الماء ترتفع درجة حرارتها درجة مئوية واحدة أيضاً إذا اعطيت نفس كمية الحرارة كالتي أعطيت للجسم سميت هذه الكمية بالمكافىء المائي للجسم. وتتوقف السعة الحرارية لجسم ما على طبيعته. فغرام واحد من النحاس له سعة حرارية تختلف عن غرام واحد من الحديد وهكذا وتسمى السعة الحرارية للجرام الواحد من المادة بالحرارة النوعية لها، أما إذا اعتبرنا وزن غرام جزيء من المادة سميت سعته الحرارية بالحرارة الذرية له. وقد وجد ديولنج وبتي أن الحرارة الذرية لجميع المواد واحدة تقريباً في درجات الحرارة المرتفعة. وتساوي قيمتها ثلاثة أمثال ثابت الغاز للجرام الجزيئي. أما في درجات الحرارة المنخفضة تقل الحرارة الذرية للمادة وتقترب من الصفر كلما اقترينا من درجة الصفر المطلق.

مصادر الطاقة الحرارية

للطاقة الحرارية عدة مصادر أساسية هي:

1 - **التفاعلات الكيميائية**

فعندما تتحد مادتان كيميائياً ينتج عادة عن هذا التفاعل امتصاص أو انطلاق للحرارة. فالحرارة الناشئة عن حرق الوقود الكيميائي هي في الواقع نتيجة لتفاعل كيميائي بين مادة الوقود واوكسجين الهواء.

2 - **الطاقة الميكانيكية**

تتولد الطاقة الحرارية من الطاقة الميكانيكية إما عن طريق الاحتكاك الخارجي او الداخلي للاجسام المتحركة او عندما تتصادم بعضها مع بعض.

3 - **الطاقة الكهربائية**

إذا أمررنا تيار كهربائياً في سلك مقاومة، نتج عن ذلك تسخين مما يدل على تحويل الطاقة الكهربائية إلى حرارة.

4 - **الطاقة النووية**

تؤدي التفاعلات النووية إلى انتاج طاقة حرارية هائلة نتيجة لتحويل جزء صغير من كتلة المادة المتفاعلة إلى طاقة ويتم ذلك عند اتحاد أو انشطار نوى المواء المتفاعلة نووياً. وقد حدد آينشتين العلاقة بين كتلة المادة التي تختفي وكمية الطاقة التي تتحرر نتيجة لذلك بقانونه المشهور:

الطاقة المتحررة = $\frac{1}{2}$ الكتلة × مربع سرعة الضوء.

5 - **الطاقة الشمسية**

نوع من الطاقة النووية إذ من المعروف حالياً ان الحرارة المشعة من الشمس هي في الواقع نتيجة تفاعل نووي تتحرر بواسطته كميات كبيرة من الطاقة تؤدي إلى رفع درجة حرارة الشمس وتصبح بذلك مصدراً مشعاً للحرارة.

درجة الحرارة وقياسها

تحدد درجة الحرارة لجسم ما المستوى له وتختلف اختلافاً بيناً عن كمية الحرارة المخزونة به والتي تحددها كمية الطاقة الميكانيكية المصاحبة لحركة الجزيئات التي يتكون منها الجسم. فإذا أعطينا كمية معينة من الحرارة إلى كتلتين مختلفتين من نفس المادة فإننا نجد أن إحساسنا بسخونة الجسم ذي الكتلة الصغيرة أكبر منه في الكتلة الكبيرة.وهذا الإحساس بالسخونة أو البرودة هو الذي نعبر عنه بدرجة الحرارة. ويصاحب عادة التغير في درجة حرارة جسم ما تغيرات في خواصه الطبيعية من أهمها:

1 - التغير في أبعاد الجسم (ظاهرة التمدد)

2 - التغير في الضغط عند حفظ الحجم ثابتاً (كما يحدث بوضوح في حالة الغازات)

3 - التغير في المقاومة الكهربائية.

4 - التغير في القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن تلامس فلزين.

5 - التغير في الإشعاع الصادر من سطح الجسم (تغير طول الموجة المشعة)

ولما كان قياس هذه التغيرات الطبيعية بدقة كبيرة أمراً ميسوراً لذلك نتخذها عادة وسيلة لقياس المستوى الحراري للأجسام أي درجة حرارتها. وتسمى أجهزة قياس درجة الحرارة .

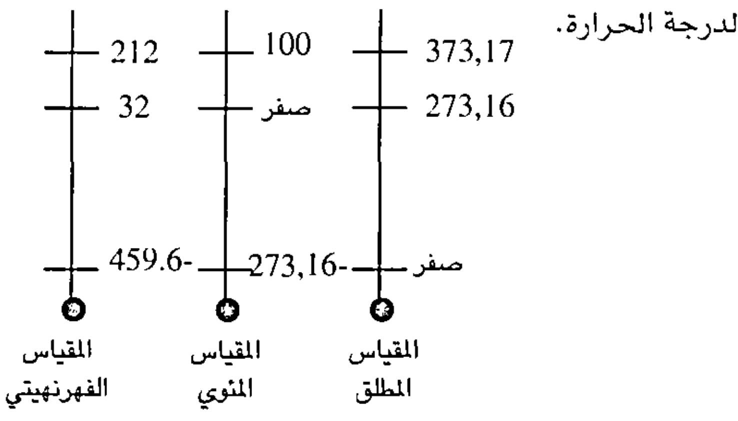
مقاييس درجة الحرارة

هناك نوعان من مقاييس درجة الحرارة: المقياس النسبي والمقياس المطلق. المقياس النسبي كالمقياس المئوي أو الفرنهيتي ويعتمد هذا النوع على الماء كمادة أساسية حيث تؤخذ نقطتا التجمد والغليان له كدرجتين قياسيتين. ويقسم التغير في أي من الخواص الطبيعية المصاحبة للتغير بين هاتين الدرجتين إلى عدد معين من الأقسام ويسمى كل قسم منها بالدرجة. وفي المقياس المئوي يكون عدد هذه الأقسام 100 قسم ما بين غليان الماء وتجمده كما يؤخذ صفر المقياس على أنه نقطة تجمد الماء. أما في المقياس الفهرنهيتي

فيقسم نفس هذا التغير إلى 180 قسماً وتقابل درجة تجمد الماء ونقطة غليانه على هذا المقياس الدرجتين 32 ، 212 فهرنهيت على الترتيب. وبذلك تعادل الدرجة على المقياس الفهرنهيتي 5/9 من الدرجة على المقياس المئوي وتحدد العلاقة بين الدرجة المئوية والدرجة الفهرنهيتية بالمعادلة.

$$د = \frac{5}{9}(ف - 32)$$

وفي سنة 1848 عرف كلفن المقياس المطلق لدرجة الحرارة والذي لا يعتمد على طبيعة اي مادة قياسية فقد اعتبر أن الطاقة الحرارية المخزونة داخل الجسم هي نفسها التي يجب أن تحدد مستواه الحراري واعتبر درجة الصفر على المقياس المطلق هي الدرجة التي تتلاشى عندها تماماً كمية الطاقة المخزونة داخل الجسم. وقد أثبت ان هذه الدرجة تناظر درجة - 273.16 م على المقياس المئوي ويبين شكل (1 - 10) مقارنة بين المقاييس المختلفة لدرجة الحرارة.



شكل (1 - 10) مقارنة بين مقاييس الحرارة المختلفة

أنواع موازين الحرارة

1 - الميزان الزئبقي

تعتمد على خاصية التمدد لقياس درجة الحرارة، ويستخدم الزئبق كمادة ثرمومترية وذلك لما يتميز به على السوائل الأخرى. إذ يغلي في درجة 356,7 م ويتجمد في درجة 38,9 م. وهو بذلك يسمح بقياس درجات الحرارة في المدى المتسع نسبياً من نقطة تجمده إلى نقطة غليانه. كما أن كبر معامل تمدده الحجمي (0,0018 لكل درجة) يسهل معه قياس التغير في حجمه برفع درجة الحرارة، وهو أيضاً سائل معتم تسهل معه الرؤية في الأنابيب الزجاجية.

يتركب الميزان الزئبقي المعتاد من مستودع زجاجي رقيق الجدران مملوء بالزئبق ويتصل بأنبوبة شعرية دقيقة ومنتظمة المقطع ومقفلة من طرفها العلوي. ولمعايرة الجهاز يوضع في جليد مجروش في درجة الصفر المئوي ثم في ماء يغلي في درجة 100 م ويحدد ارتفاع شريط الزئبق في الأنبوبة الشعرية في كل من الحالتين ثم تقسم المسافة بينهما إلى مائة قسم يعادل كل منها درجة مئوية واحدة . ومما يجدر ملاحظته أن حركة الزئبق في هذا الثرموميتر هي نتيجة للتمدد الظاهري للزئبق وهو الفرق بين التمدد الحقيقي له وتمدد الزجاج.

علماً بأن هناك الكثير من موازين الحرارة لا نجد ضرورة لذكرها في هذا الفصل.

2 - الميزان الكحولي

يستخدم الكحول في ملء موازين الحرارة، خاصة عند قياس درجات الحرارة المنخفضة، حيث أن درجة تجمد الحكول الايثيلي (-114 م) غير أنه لا يصلح لقياس درجات الحرارة التي تزيد عن 070 م، حيث إن درجة غليان الكحول حوالي 70م

حرارة الانصهار والصهر

تنصهر بلورات الثلج عند درجة الصفر المئوي وتحت الضغط المعياري (76 سم زئبق). وقبل الإنصهار تكون جزيئات الماء مرتبة في نسق بلوري محكم، وتحفظ الجزيئات ثابتة في مواضعها بواسطة قوى تجاذب كبيرة بين الجزيئات. ولصهر البلورة يجب أن تنتزع الجزيئات من هذا الترتيب المحكم وتسبب خلل نظامها. وتحتاج هذه العملية إلى طاقة تزود بها المادة على هيئة حرارة عادة. كما هو موضح في الفصل الثاني.

ترى من ذلك أن المادة البلورية، عند تسخينها، تبدأ في الانصهار عند درجة حرارة معينة. وعند اضافة الحرارة الى الخليط من المادة البلورية والسائل تبقى درجة الحرارة ثابتة الى ان يتم صهر جميع البلورات. ولكل مادة نقطة انصهار معينة، ولكي تنصهر المادة البلورية يجب تزويدها بكمية معينة من الحرارة عند هذه الدرجة. وتعرف حرارة الانصهار بأنها كمية الطاقة الحرارية اللازمة لصهر وحدة الكتلة من المادة البلورية. وتنطلق نفس هذه الكمية من الحرارة الى الوسط المحيط عندما تتبلور وحدة الكتلة من السائل، وحرارة انصهار الماء هي 80 سعر/ غم.

وهناك بعض التأثيرات الأخرى لظواهر الانصهار. أولاً، بعض اللدائن كالبوليثيلين متبلورة جزئياً، أي أن جزءاً فقط من المادة الصلبة يوجد في حالة مرتبة، بينما يوجد الجزء الآخر في حالة السيولة، والجزءان ممتزجان مزجاً حميماً لهذا فإن الخواص الفيزيائية للمادة وسط بين الصلبة والسائلة. وتختلف تلك المناطق المتبلورة في درجة الكمال، والبلورات الأقل كمالاً تنصهر عند درجة حرارة أقل من نقطة انصهار البلورات

الأكثر كمالاً. ومن ثم فإن لهذه المواد مدى انصهار - وليس نقطة انصهار - قد تصل سعته 20 م أو أكثر. ويراعى عند استخدام الجداول ان نقطة الانصهار المسجلة لمثل هذه المواد تكون عادة درجة الحرارة التي تختفي عندها درجة التبلور تماماً.

وبعض اللدائن الأخرى، كالبوليستيرين، مواد زجاجية صافية صلبة. وهذه المواد، هي مجرد سوائل لزجة جداً، وجزيئاتها ليست مرتبة بنظام. وبالرغم من أنها تلين عند درجة محددة تماماً، إلا أن حرارة الإنصهار لا تدخل في هذه العملية كما في حالة انصهار المادة البلورية.

ويمكن تغيير درجة تجمد السوائل إلى حد ما بتطبيق ضغط كبير على النظام، فإذا كانت المادة تنكمش عند تجمدها فإن درجة التجمد سوف ترتفع بزيادة الضغط، وهذا هو سلوك معظم المواد بالفعل. ولكن قليلاً من المواد، كالماء يتمدد عند التجمد، وفي هذه الحالة تسبب زيادة الضغط انخفاض نقطة تجمد هذه المواد ولذلك فإن ضغط المتزلج على الثلج قد يسبب انصهاره تحته. وفي هذه الحالة يتزلج المتزلج حقيقة على ثلج مشحم بغشاء رقيق من الماء

قياس كمية الحرارة

يمكن توضيح كثير من المواقف المتعلقة بالتبادل الحراري بتطبيق المعادلة البسيطة الآتية:

الحرارة المكتسبة = الحرارة المفقودة

وعموماً ، تتضمن هذه المواقف تبادل الحرارة داخل وعاء معزول - المسعر - الذي يعزل النظام عزلاً جيداً عن الوسط المحيط. والمعادلة السابقة ببساطة هي صيغة لقانون بقاء الطاقة.

التمدد الحراري

رأينا مما سبق أن درجة حرارة المادة مقياس للطاقة الداخلية لجزيئاتها وعند رفع درجة حرارة السائل أو المتجمد تزداد طاقة جزيئاته وبالتالي تزداد سعة اهتزازها، وهذا يؤدي إلى زيادة متوسط المسافة بين كل جزيء والجزيئات المجاورة. أي أن السائل أو الجامد يتمدد عند رفع درجة حرارته. وبالرغم من وجود بعض الاستثناءات الواضحة من هذه القاعدة (الماء، مثلاً، ينكمش[1] عند رفع درجة حرارته في المدى من صفر 0 م - 04 م) فإن معظم المواد تتمدد بارتفاع درجة الحرارة، بشرط عدم حدوث تغير في الطور.

من الواضح ان التمدد الحراري للمعدن في بناء أو قنطرة يمكن أن يكون أمراً ذا أهمية عملية كبيرة، فإذا لم يأخذ التمدد الحراري في الاعتبار فإن قضبان السكك الحديدية

(1) في الماء الرابطة الهيدروجينية تجمع الجزيئات في مجموعات من عدة جزيئات لكل منها ترتيب محدد حتى فوق درجة انصهار الثلج. وبارتفاع درجة الحرارة تتكسر هذه المجموعات مما يؤدي إلى ترتيب جديد أكثر تضامناً للجزيئات.

وخرسانة الطرق السريعة سوف تتبعج تحت تأثير شمس الصيف الساخنة. كذلك فإن كثيراً منا قد عاش أو عمل في أبنية تؤدي فيها مواسير التطويل التي يمر بها البخار في أنظمة التدفئة إلى تأثيرات واضحة. لهذه الأسباب، ولأسباب أخرى كثيرة، من الضروري أن نعرف بدقة كيف تتمدد المادة في درجة الحرارة. لهذا الغرض تم تعريف وجدولة ثابتين للتمدد الحراري هما ثابت التمدد الحراري الطولي α (ألفا) وثابت التمدد الحراري الحجمي γ (جاما)

يعرف معامل التمدد الحراري الطولي α بأنه الزيادة في الطول لوحدة الأطوال من المادة نتيجة لتغير درجة الحرارة بمقدار درجة واحدة. ويكتب هذا التعريف على هيئة معادلة كما يلي:

$$\alpha = \frac{D L / L}{DT}$$

أي أنه إذا تمدد قضيب طولة L بمقدار DL نتيجة لرفع درجة الحرارة بمقدار DT ، فإن قيمة a تعطى بالمعادلة السابقة. لاحظ أن وحدات الطول تختصر، وعليه فإن وحدات α هي مقلوب درجة الحرارة، أي $10C^{-1}$ or $1^{0}F^{-1}$. ويمثل الجدول (10-1) بعض القيم الفعلية للمعامل.

جدول (1 - 10)

درجة التمدد الحراري لكل درجة مئوية عند 020 م لبعض المواد

المـــادة	α , * x 10^8	δ , * x 10^8
ماس	1.2	3.5
زجاج (مقاوم للحرارة)	–3	–9
زجاج (الين)	–9	–27
حديد	12	36
قرميد وخرسانة	10	–30
نحاس أصفر	19	57
المنيوم	25	75
زئبق		182
مطاط	–8	–240
جلسرين		500
جازولين		–950
كحول ميثيلي (ميثانول)		1200
بنزين		1240
اسيتون		1490

❖ تعني أن جميع قيم α و d مضروبة في 10^8 إذن α للحديد هو $12 \times 10^{-8}\ cm^{-1}$

وحيث أن التغير في الطول صغير جداً في الواقع، فإن قيمة L المستخدمة لتعيين ΔL ليست حساسة بدرجة كافية لأن نهتم كثيراً بدرجة حرارة قياسه. وفي الحقيقة، يتغير α قليلاً مع درجة الحرارة، لذلك يجب استخدام القيمة المناسبة لكل مدى معين من درجات الحرارة في حالة الحسابات عالية الدقة. ومع ذلك، من النادر جداً أن يكون لهذا التعقيد أية أهمية في التطبيقات العملية.

يعرف معامل التمدد الحراري الحجمي لمادة ما بطريقة مشابهة لمعامل التمدد الحراري الطولي. وعليه فإن معامل التمدد الحراري الحجمي هو التغير النسبي في الحجم لكل درجة، أو، في صورة معادلة:

$$\gamma = \frac{\Delta V / V}{\Delta T}$$

ومنه نجد مباشرة أن:

$$\Delta V = \gamma V \Delta T$$

ووحدات I هي مقلوب درجة الحرارة. وكمثال لتطبيق هذه المعادلة افترض أن 1000 من البنزين قد سخنت من 200C إلى 250C. في هذه الحالة سوف يتغير الحجم بمقدار (استخرج قيمة I من الجدول (1 - 10)

$$\Delta V = 1.24 * 10^{-3} \infty C^{-1}) (100 cm^3) (5\infty C) = 0.62 cm^3$$

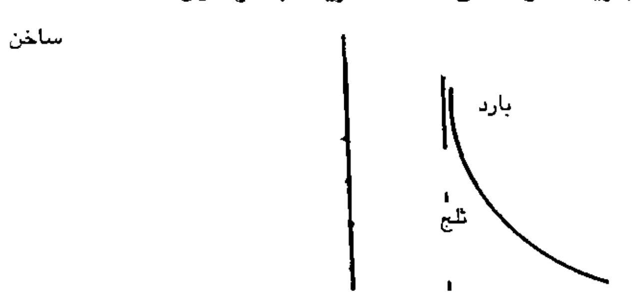
وهذا التغير يمثل 0,6% من الحجم الأصلي وهو تغير كبير في V لكثير من الأغراض من الضروري إذن تحديد درجة الحرارة المقاس عندها V إذا أريد استخدام قيم y المدرجة في الجدول (1 - 10)؛ لاحظ أن هذه القيم صحيحة عند درجة الحرارة 20^0C وبالطبع يمكن حساب V للتغيرات الصغيرة في درجة الحرارة التي لا تبعد كثيراً عن $T = 20^0C$ بدقة كبيرة باستخدام قيمة V المقاسة عند أي درجة تقع في هذا المدى الصغير من درجات الحرارة.

يبين فحص الجدول (I - 10) أن معامل التمدد الطولي للجوامد يساوي ثلث معامل التمدد الحجمي تقريباً. وهذه قاعدة عامة لمعظم الجوامد المتجانسة، أي ذات الخواص الواحدة في الاتجاهات المختلفة.

انتقال الحرارة : التوصيل

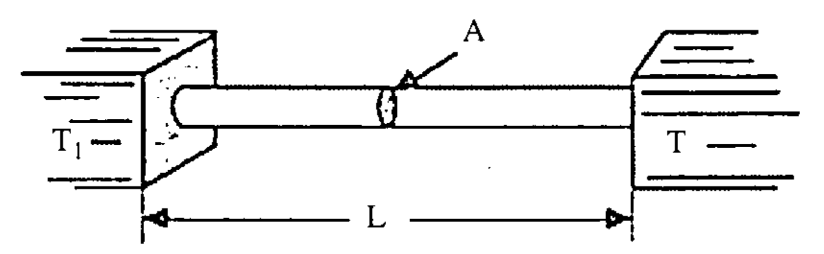
تمثل طاقة حركة جزيئات المادة، كما رأينا، الجزء الأعظم من الطاقة الحرارية في المادة. وعملية انتقال الحرارة واضحة تمام الوضوح في انتقال الطاقة الحرارية من الطرف الساخن لقضيب معدني إلى طرفه البارد، كما هو موضح في الشكل (2 - 10) وتتم هذه

العملية بالطريقة الآتية. تكتسب الجزيئات الموجودة في الطرف الساخن طاقة عالية فتزداد سعة اهتزازها. نتيجة لذلك تصطدم هذه الجزيئات بالجزيئات الأبرد الموجودة على يمينها فتنقل إليها جزءاً من طاقتها. وهذه بالتالي تضرب الجزيئات البطيئة الموجودة على يمينها فتكسبها طاقة إضافية وهكذا. وعليه فإن الحرارة تنتقل في القضيب بواسطة التصادمات الجزيئية. وتسمى هذه الطريقة بالتوصيل.



شكل (2 - 10) تتحرك الحرارة من الطرف الساخن للقضيب المعدني إلى الطرف البارد بالتوصيل

تعتمد سرعة انسياب الحرارة في القضيب على المادة المصنوع منها، ونحن نعلم جميعاً ان المعدن يوصل الحرارة أحسن من الخشب او الزجاج. وهناك قاعدة عامة إلى حد ما تنص على أن الموصلات الكهربائية الجيدة موصلات حرارية جيدة. فالمعادن، على وجه الخصوص، موصلات جيدة للحرارة لأن الكترونات التكافؤ تتحرك حرة تقريباً في المعدن حاملة معها طاقة الحركة (الحرارة) إلى أي مكان.



شكل (3 - 10) يتناسب معدل انسياب الحرارة في القضيب طردياً مع T1 - T2 و A وعكسياً مع L

ولكي نعبر عن سريان الحرارة رياضياً، لنتخيل التجربة الموضحة في الشكل (3 - 10) الذي يمثل قضياً معدنيا مساحة مقطعه A وطوله L متصلاً بجهازين درجتا حرارتهما T_2, T_r (حيث $(T_1>T_2)$) ثابتتان. وحيث أن $T_1 > T_g$ فإن الطاقة الحرارية سرف تنساب في القضيب من الطرف الساخن إلى الطرف البارد. لنسأل الآن ما هي كمية الحرارة Q التي تنساب في القضيب في الزمن t . (افترض أن جوانب القضيب معزولة بحيث لا تستطيع الحرارة ان تنساب منه في اتجاه نصف القطر).

يمكننا أن نفـتـرض أنه كلمـا زادت A ، كلمـا زادت كـمـيـة الحـرارة المنسـابة. وإذا كـان القـضـيـب طويلاً جـداً، من المـرجح أن يقل انسـيـاب الحـرارة. وبالطـبع كلمـا كـان الزمن t أطول. كلما زادت كمية الحرارة المنسابة. وقد ثبت أن جميع هذه الافتراضات صحيحة.

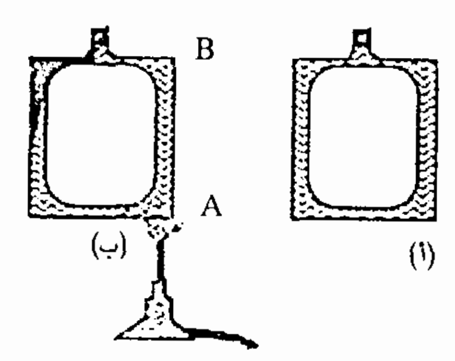
وبحـسـاب λ (لامـدا) وهـي ثابت تناسب يسـمى الموصليـة الحـرارية لمادة القـضـيب. ومن الواضح أن l تكون كـبـيـرة في حـالة الموصل الجـيـد للـحـرارة. وصـغـيـرة في حـالة الموصل الرديء. ويمثل الجدول (2 - 10) بعض القيم الفعلية للموصلية الحرارية.

جدول (2 - 10)

الموصلية الحرارية بالواحدات cal/(cm) (s) (0C) لبعض المولد

λ	المــاء
1.0	فضة
1.0	نحاس
0.50	المنيوم
0.20	نحاس أصفر
$-20x\ 10^{-4}$	زجاج
$-5\ x\ 10^{-4}$	ورق اسبستوس
$-5\ x\ 10^{-4}$	

انتقال الحرارة : الحمل



شكل (4-10) تبين الصبغة أن السائل يدور في الأنبوبة عند تسخينه في عكس اتجاه عقارب الساعة. وتنتقل الحرارة بواسطة السائل عند دورانه، مما يؤدي إلى الحمل الحراري

يمثل شكل (4 - 10) تجربة بسيطة توضح ظاهرة الحمل. فإذا ملأنا الأنبوبة المبينة في الشكل بالماء ثم وضعنا قليلاً من الصبغة الملونة قرب رقبتها فإنها سوف تظل ساكنة تقريباً في مكانها كما في الجزء أ . ولكن عند تسخين الأنبوبة كما هو مبين في الجزء ب فإن السائل سوف يبدأ في الانسياب داخل الأنبوبة عكس اتجاه عقارب الساعة، حاملاً معه الصبغة كما هو موضح.

وسبب هذه الحركة بسيط جداً. ذلك أن السائل أو الغاز يتمدد عند تسخينه، ولذلك فإن الماء الموجود في الركن الأيمن السفلي للأنبوبة عند A يتمدد نتيجة للتسخين فيصبح أخف من باقي السائل. ولهذا فإن العمود الأيمن من السائل لن يستطيع الاستمرار في موازنة حمل العمود الأيسر الثقيل، ولذلك فإن العمود الأيسر سوف يهبط في الأنبوبة، وينساب السائل نتيجة لذلك في الجانب الأيسر الى اعلى. وباستمرار هذا السائل في الحركة تنخفض درجة حرارته ويصل بعد فترة من الزمن إلى الجانب الأيسر، حيث يصبح أبرد وأكثف عما كان عند النقطة A والخلاصة هي أن السائل المسخن عند A سوف يرتفع الى B حاملاً الحرارة معه. أي أن الحرارة قد انتقلت من A إلى B نتيجة لحركة السائل نفسه من A إلى B وتسمى هذه الطريقة لانتقال الحرارة بالحمل.

لاحظ أن التوصيل لا يتضمن حركة الجزيئات لمسافات كبيرة، إذ تنتقل الحرارة من جزيء إلى آخر بالتصادم. أما في الحمل فإن جزيئات المادة الناقلة للحرارة تتحرك من مكان إلى آخر حاملة معها الحرارة. والسوائل والغازات فقط هي التي تنقل الحرارة بالحمل لأن جزيئات هذه المواد فقط هي التي تستطيع ان تتحرك لمسافات كبيرة.

يدفأ كثير من المنازل بطرق الحمل الهوائي. والحركة الدورانية للهواء محسوسة بدرجة كافية حتى في حالة أنظمة التدفئة التي لا تحتوي على مراوح. فمثلاً، إذا وقف شخص قرب جهاز التحكم في خروج الهواء الساخن من فرن هوائي فإنه سيلاحظ اندفاع الهواء الساخن بوضوح من جهاز التحكم. ويجب ان يسمح تصميم اجهزة الحمل هذه للهواء البارد بالعودة الى الفرن تماماً كما يعود السائل البارد الى النقطة A في الشكل (4 - 9) ب. ومن الواضح ان الغرض من استخدام اجهزة تحكم الهواء البارد في انظمة التدفئة هو اعادة الهواء البارد الى الفرن.

وتنشأ الظواهر الجوية جزئياً نتيجة لتيارات الحمل الهوائية، وتعتبر تيارات حمل الهواء قرب حواف السلاسل الجبلية ذات أهمية خاصة في هذا الشأن. ففي أوقات محددة مختلفة يومياً تلاحظ تأثيرات كبيرة في الطقس نتيجة لهبوط الهواء البارد من الجبال مما يعمل على رفع الهواء الدافىء في السهوال القريبة الى أعلى ويساعد ذلك على تلطيف الجو. ويعتبر كذلك تيار الخليج مثالاً آخر لانتقال الحرارة بالحمل على نطاق واسع.

انتقال الحرارة : الإشعاع

الشمس في الحقيقة هي مصدرنا الأساسي للحرارة. ويمكننا أن نرى بسهولة أن الحرارة التي تصل الينا من الشمس لا تنتقل الينا بالتوصيل أو الحمل. ذلك ان الفراغ الهائل بيننا وبين الشمس لا يحتوي تقريباً على أية جزيئات. وبناء على ذلك فإن الإنتقال الاهتزازي

بالتوصيل أو الانتقال الدوراني بالحمل مستحيلان. ومن ثم فإن هذه الحالة هي حالة انتقال للحرارة خلال الفراغ، أي خلال العدم. وتسمى هذه الطريقة لانتقال الحرارة بالإشعاع.

لم يستطع معظم العلماء لسنوات طويلة، وحتى العقد الأول من هذا القرن، ان يتصوروا أن الحرارة والضوء ينتقلان من الشمس خلال لا شيء. لذلك افترض هؤلاء العلماء ان الفراغ كله مملوء "بالأثير الوضاء (أي الناقل للضوء)". وظل مفهوم الأثير الميكانيكي سائداً الى ان اثبت اينشتين (في عام 1905) أنه غير ذي فائدة كما انه لا يمكن إثبات وجوده، وبالتالي نبذ هذا المفهوم نهائياً. وحتى قبل ذلك واجه مفهوم الأثير صعوبات هائلة لم يستطع أن يتغلب عليها مما زعزع الثقة فيه. وفي الوقت الحاضر لا يعتبر مفهوم الأثير ضرورياً أو مناسباً، وسوف نرى في دراستنا للأشعاع الكهرومغناطيسي أن فهم طبيعة الإشعاع يمكن ان يتحقق بدونه.

وهناك علاقة مباشرة بين الاشعاع الحراري والاشعاع الضوئي والاشعاع الكهرومغناطيسي.

قوانين التبريد

اثبت نيوتن أن تبريد المواد غير الساخنة جداً يتبع قانوناً مناسباً وبسيطاً. وقد وجد نيوتن بالتجربة انه إذا كانت T_1 درجة حرارة الجسم و T_0 درجة حرارة الوسط المحيط، فإن كمية الحرارة ΔQ المفقودة بواسطة الجسم في زمن قدره t تعطى بالعلاقة.

$$\Delta Q = (\text{Const})\ (T_1 - T_0)t$$

وهذه العلاقة تسمى قانون نيوتن للتبريد، ونحن نعلم الآن أن هذا القانون صحيح تقريباً في حالة ما إذا كان الفرق بين درجتي الحرارة $T_1 - T_0$ صغيراً فقط. ويمثل هذا القانون التأثيرات المشتركة للتوصيل والحمل والإشعاع.

وقد اثبت في حالة فقدان الحرارة بالإشعاع فقط، تجريبياً أولاً ثم نظرياً بعد ذلك، أن كمية الحرارة التي يشعها الجسم الساخن تعطى بالمعادلة:

$$(\text{const})\ T^4{}_1 - T^4{}_0)\ t = \Delta Q$$

وتعرف هذه العلاقة باسم قانون ستيفان. ويراعى عند استخدام هذا القانون أن تكون درجة حرارة الجسم الساخن T_1 ودرجة حرارة الجسم المحيط T_0 مقاستين بالدرجات المطلقة. وإذا كان الفرق بين درجتي الحرارة صغيراً فإن قانون ستيفان سوف يؤول الى قانون نيوتن للتبريد.

بالاضافة الى ذلك، امكن اثبات ان الجسم الأسود (أي الجسم الذي لا يعكس الضوء)

يشع كمية من الحرارة اكبر من الجسم ذي الانعكاسية العالية. وكقاعدة عامة يمكننا القول ان الممتص الحراري الجيد مشع حراري جيد.

الرطوبة

يعلم كل منا أن الهواء يحتوي على كمية كبيرة من بخار الماء في اليوم الذي تكون فيه الرطوبة عالية. والرطوبة مقياس للمحتوى المائي للهواء. وعلى وجه الدقة، تعرف الرطوبة النسبية (RH) بأنها النسبة بين كتلة بخار الماء لوحدة الحجوم في الهواء وكتلة بخار الماء التي تسبب تشبع وحدة الحجوم عند نفس درجة الحرارة. وكما وضحنا من قبل في هذا الفصل، عندما يكون البخار المشبع متلامساً مع السائل، فإن عدد الجزيئات التي تترك سطح السائل في زمن معين تساوي عدد الجزيئات التي تعود إليه. إذن ، عند التشبع لا يحدث أي نقص او زيادة في التبخير. وإذا كان البخار اكثر من مشبع، اي زائد التشبع تتكثف القطيرات من البخار وينتج عن ذلك تكون الضباب او المطر.

وحيث ان ضغط الغاز المثالي يتناسب مع عدد الجزيئات، يصاغ تعريف الرطوبة النسبية عادة بدلالة الضغوط وليس الكتل. ونظراً لأن بخار الماد قريب جداً من الغاز المثالي، فإن التعريفين متماثلان تقريباً. وفي صورة معادلة يمكننا وضع هذا التعريف كالتالي:

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{m}{m_9} \qquad \frac{P}{P_9}$$

حيث p , m هما كتلة وحدة الحجوم وضغط بخار الماء في الهواء و m_9 و p_9 هما نفس هاتين الكميتين للبخار المشبع. ويوضح الجدول (3) بعضا من بيانات بخار الماد المشبع عند درجات حرارة مختلفة.

طبقاً للجدول (3 - 9) يحتوي الهواء المشبع عند درجة 68^0F على $17.1\ g/m^3$ من الماء. لنفترض ان الهواء يحتوي بالفعل على $17.1\ g/m^3$ من بخار الماء. فإذا كانت درجح حرارة الهواء فوق 68^0F، فإن الهواء يمكن أن يحتوي كمية اكبر من البخار. أما إذا كانت نفس الكمية من بخار الماء موجودة ثم برد الهواء تحت 68^0F (كما يحدث عند غياب الشمس مثلاً)، فإنه سوف يصبح فوق مشبع بمجرد أن تنخفض درجة الحرارة تحت 68^0F. وعند درجة الحرارة المذكورة وما تحتها تبدأ القطيرات في السقوط من الهواء على هيئة ضباب أو ندى او مطر. وتسمى درجة الحرارة التي يصبح الهواء عندها مشبعاً بالكاد نقطة الندى.

ونقطة الندى للهواء كمية نافعة جداً. لنفرض أن درجة حرارة الهواء في يوم معين كانت 89.6^0F. وفي هذا اليوم قام إرصادي في مكتب الأحوال الجوية بتبريد بعض الهواء حتى

بدأ الندى أو الضباب الترسب فيه. لنفرض أن الإرصادي قد وجد أن نقطة الندى هي 60.8^0F. وبالاستعانة بالجدول (3 -10) استطاع هذا الرجل ان يعلم أن الهواء يحتوي على $13.50\ g/m^2$ من بخار الماء، لأن هذه هي قيمة ضغط بخار الماء المشبع عند درجة 60.8^0F. وحيث أن درجة الحرارة الفعلية للهواء 89.6^0F فإن الهواء المشبع عند هذه الدرجة يجب أن يحمل $33.45\ f/m^3$ من الماء (انظر الجدول). وبحساب الرطوبة النسبية باستعمال هاتين القيمتين، وجد الإرصادي ان الرطوبة النسبية تساوي

$$RH = \frac{m}{9} = \frac{13.50}{22.15} \quad 0.40$$

جدول (10-3)

خواص بخار الماء المشبع

T, ^0C	T, ^0F	M, g/m3	P, cm Hg
-8	+17.6	2.74	0.23
-4	24.8	3.66	0.33
0	32.0	4.84	0.46
4	39.2	6.33	0.61
8	46.4	8.21	0.80
12	53.6	10.57	1.05
16	60.8	13.50	1.36
20	68.0	17.12	1.75
24	75.2	21.54	2.23
28	82.4	26.93	2.82
32	89.6	33.45	3.55
36	69.8	41.82	4.44

يمكن قياس الرطوبة النسبية بطرق أخرى غير تعيين نقطة الندى. وتعتمد احدى الطرق الشائعة، وهي طريقة البصيلة المخضلة والبصيلة الجافة، على أساس ان السوائل تسبب تأثيراً تبريدياً عندما تتبخر (نتيجة لامتصاص حرارة التبخير) وأن التبخير يتوقف عندما يكون البخار مشبعاً، ومن ثم إذا قورنت قراءة ميزان ذي البصيلة المبللة تكون دائماً أقل من قراءة الميزان ذي البصيلة الجافة. والفرق بين القراءتين مقياس مباشر للرطوبة النسبية، فكلما كانت الرطوبة النسبية منخفضة، كلما كان الفرق بين قراءتي الميزانين كبير. وقد جهزت جداول خاصة تربط الرطوبة النسبية بهذا الفرق بين درجتي الحرارة بحيث يحتاج الشخص فقط الى قراءة الميزان لكي يمكنه تعيين الرطوبة النسبية.

وتسبب الرطوبة النسبية العالية في الصيف ضيقاً شديداً لنا، وهذا راجع لأننا نعرق في الصيف. وأن تبخر العرق يبرد سطح الجلد. فإذا كانت الرطوبة النسبة 100% فلن يحدث أي تبخر للعرق، وبالتالي لن يحدث اي تبريد لسطح الجلد. وهذا هو السبب في أن احساسنا بالحرارة أقل في المناخ الجاف منه في المناخ الرطب.

الخلاصة

قمنا في هذا الفصل بمناقشة مفهوم الحرارة وتعريفها، كما ذكرنا أكثر انواع موازين الحرارة استخداماً. وفي نهاية هذا الفصل قمنا بمناقشة طرق انتقال الحرارة بشيء من التفصيل مع ربط هذه الطرق ببعض ظواهر الحياة اليومية. وسنناقش في الوحدة اللاحقة بعض المفاهيم المتعلقة بجيولوجية الأرض وتركيبها.

أسئلة وتمارين

1 - هل يمكن أن تضاف الحرارة إلى شيء ما دون ان تتغير درجة حرارته؟

2 - لماذا ا نحس بأن قطعة من الحديد ابرز من قطعة من الخشب عند نفس درجة الحرارة؟

3 - ماذا يحدث اذا كانت الأرض مغطاة بطبقة كثيفة من الضباب المحمل بالدخان، بحيث لا تستطيع اشعة الشمس ان تصل الى سطحها؟

4 - اشرح قانون نيوتن للتبريد وقارنه مع قانون ستيفان للتبريد.

5 - وضح المقصود بالمفاهيم التالية:

أ - الندى

ب - درجة الحرارة

جـ - السعة الحرارية

د - درجة الرطوبة

هـ - حرارة الانصهار.

6 - وضح الفرق بين ميزان الحرارة الزئبقي والكحول.

7 - حوّل 50^0 م الى فهرنهيتي، وكلفن.

8 - اشرح طريقة انتقال الحرارة بالحمل مع الرسم.

9 - اشرح طريقة انتقال الحرارة بالتوصيل مع الرسم.

10 - وضح كيف تتشكل الحرارة بالإشعاع.

الوحـدة الثالثة
الجيولوجيا

الفصل االحادي عشر: الأرض وتركيبها الغلافي

الفصل الثاني عشر : المواد المكونة للقشرة الأرضية

الفصل الثالث عشر : ديناميكية الأرض

الفصل الرابع عشر : التركيب الصخري للقشرة الأرضية والصخور المتحولة والرسوبية

الفصل الخامس عشر : المناخ، والتجوية، والتربة

الفصل السادس عشر : الجيولوجيا البيئية

الفصل السابع عشر : الزمن الجيولوجي

الفصل الحادي عشر

الأرض وتركيبها الغلافي

مقدمة

الأرض هي الكوكب الثالث في المجموعة الشمسية بعد عطارد والزهرة، حجمها حوالي 1083 بليون كم^3، معدل وزنها النوعي 5,52 غم/سم^3. قطرها الاستوائي 12744 كم، وقطرها القطبي 12703 كم. مساحتها 509,9 مليون كم^2.

شكل الأرض "جيود" شبه كروي، فهي - كما تبين أبعاد قطريها - مفلطحة قليلاً عند القطبين.

للأرض حركتان رئيستان وهما دورانها حول الشمس ودورانها حول نفسها، فهي تدور حول الشمس دورة كل 365,25 يوماً بسرعة قدرها 30 كم / ثانية على مدار اهليجي. معدل بعدها عنها 149,6 مليون كم.

وتدور الأرض حول نفسها مرة كل يوم، حول محور يميل عن مستوى دورانها حول الشمس بزاوية قدرها $66'33^0$.

هذه الحركات ومحور الدوران المائل هي المسؤولة عن تعاقب الليل والنهار وتعاقب الفصول، واختلاف طول الليل والنهار في الأماكن المختلفة على سطح الأرض.

تتكون الأرض من أغلفة كروية. الغلاف الخارجي هو الغلاف الجوي (Atmoshpere) ، وهو نفسه مكون من أنطقة كروية. تحته الغلاف المائي (Hydrosphere)، ثم الغلاف الصخري الصلب (Lithosphere) وما تحته.

ويوجد هناك الغلاف الحيوي (Biosphere) وهو متواجد في الأغلفة الثلاثة المذكورة.

الغلاف الجوي

تطوره

يحيط بالأرض غلاف جوي مرتبط معها بقوة الجاذبية الأرضية. هذا الغلاف تطور وتغير خلال تاريخ الأرض، ولا يزال يتغير.

الغلاف الجوي القديم ساعد قبل حوالي 3,5 بليون سنة على ظهور الحياة على الأرض. والغلاف الجوي الحالي الحاوي على الاكسجين هو الذي يحافظ على استمرارها، ولا عجب إذا تغير ذات يوم وقضى عليها.

نشوء الغلاف الجوي وتطوره مرتبط تمام الإرتباط بنشوء الارض وتطورها. كانت الأرض في بداية عمرها شديدة الحرارة. وكان غلافها الجوي يختلف عما هو عليه اليوم. كان مكوناً من غازات حارة، درجة حرارتها بضعة آلاف درجة مئوية. يعتقد أن الهيدروجين والأمونيا وغازات من مركبات الكلور والبروم والفلور والكبريت كونت جزءاً كبيراً منه. كانت هذه الغازات تتحرك بسرعة وقوة كبيرة لارتفاع درجة حرارتها. قوة حركتها فاقت قوة جاذبية الأرض، مما ادى الى خروجها خارج نطاق الجاذبية الأرضية.

بردت الأرض تدريجياً وكونت قشرة، كانت في البداية رقيقة، لذا كان النشاط البركاني كبيراً، وخرجت من البراكين غازات كانت ذائبة في الصهير. وتكون غلاف جوي في هذه المرحلة من ثاني اكسيد الكربون وبخار الماء والنيتروجين وغازات أخرى. مع استمرار انخفاض درجات الحرارة، ووصولها درجة الماء الحرجة (374,2^{0}م) ، تكثف بخار الماء. ولكن المياه لم تتجمع بعد، لأن درجة حرارة القشرة الأرضية كانت عالية. فما أن كانت تسقط عليها الأمطار، حتى تتبخر من جديد. ولكن عندما بردت القشرة الأرضية أكثر، هطلت الأمطار، وجرت المياه على اليابسة وفي الأنهار وتجمعت في البحار والمحيطات. بعدها تغير تركيب الغلاف الجوي، لقد قلت نسبة ثاني اكسيد الكربون الى درجة كبيرة. فقد دخل جزء كبير منه في تجوية السيليكات وخصوصاً الفلدسبار، وربط جزء كبير منه في الصخور الجيرية التي تكونت على سطح القشرة الأرضية، وذاب جزء في الماء. كما تكونت غازات هيدروكربونية مثل الميثان نتيجة تفاعل الماء وبخاره مع كربيدات العناصر الساخنة.

لقد بدأت المرحلة الثالثة في تطور الغلاف الجوي، حيث أصبحت غازات الميثان والأمونيا والهيدروجين وبخار الماء تكون جزءاً كبيراً منه.

يعتقد أن الحياة بدأت خلال هذه الفترة، حيث كانت البيئة مناسبة لنشوئها. فوجود غازات هيدروكربونية وأمونيا وبخار الماء، وظهور الشمس من خلال السحب، والمناخ العام الذي كان يكثر فيه البرق والرعد، والنشاط البركاني الغير عادي. كلها يمكن أن تكون قد ساعدت على تكوين المواد العضوية، التي بدأت عليها الحياة.

بدأت الحياة على الأرض بدون تواجد الاكسجين الحر في الغلاف الجوي، الحياة النباتية البسيطة التي لا تحتاج الى اكسجين هي التي بدأت في تكوينه. وما من شك في أن جزءاً منه تكون بطريقة لا عضوية، نتيجة تأثير الأشعة الفوق بنفسجية في طبقات الجو العليا على ارتفاع حوالي 60 كم على جزيئات الماء الموجودة بكميات قليلة جداً في هذه الارتفاعات، وتفكيكها الى ذرات الهيدروجين، التي انطلقت الى الفضاء الخارجي لصغرها وسرعة حركتها، والى ذررات الاكسجين التي بقيت ضمن نطاق الجاذبية الأرضية لثقلها.

استمرت هذه الحياة البسيطة، وأخذت كمية الاكسجين الحر تزداد تدريجياً حتى وصلت حد باستور (1% من ضغط الاكسجين الجزئي الحالي). بعدها بدأت الحياة التي تحتاج الى الاكسجين لانتاج الطاقة والغذاء.

الغلاف الجوي الحالي

تكوّن الغلاف الجوي كما ذكر سالفاً من الأرض نفسها نتيجة تفاعلات كيميائية وبيوكيميائية. سمكه حوالي 10000كم. إنه خليط من غازات عديدة وبخار ماء وغبار. لكن خمسة غازات فقط تكون حوالي 99,9% منه، وهي: النيتروجين والاكسجين والارغون وثاني اكسيد الكربون وبخار الماء. نسب هذه الغازات (ما عدا بخار الماء) في الهواء الجاف متباينة (جدول 1 - 11):

جدول (1 - 11) الغازات المكونة للغلاف الجوي (ما عدا بخار الماء) ونسبها.

الغـاز	النسبة بالمائة حجماً	النسبة بالمائة وزناً
1 - نيتروجين N_2	78,09	75,51
2 - اكسجين O_2	20,95	23,15
3 - ارغون Ar	0,93	1,23
4 - ثاني أكسيد الكربون CO_2	0,03	0,05

هذه الغازات موجودة على شكل جزيئات، ذرات أو أيونات في الغلاف الجوي.

غاز النيتروجين (N_2)

يكوّن النيتروجين أكثر من ثلاثة أرباع الغلاف الجوي (قائمة 1 - 10) . وهو موجود في المائة كيلومتر السفلي. يتواجد غالباً بشكله الجزيئي (N_2) في الخمسين كيلومتر السفلي منها، وبشكله الذري (N) في الخمسين كيلومتر العليا. وعندما يتعرض النيتروجين الذري الى الاشعاع الكوني قصير الموجه، فإنه يتحول إلى كربون مشع (^{14}C) . هذا يتفاعل في طبقات الجو السفلي مع الاكسجين مكوناً ثاني اكسيد الكربون المشع، الذي يكون جزءاً بسيطاً وثابتاً تقريباً من ثاني اكسيد كربون الجو.

غاز الاكسجين (O_2)

يكون الاكسجين حوالي خمس الغلاف الجوي (جدول 1 - 10)، وهو موجود في الـ 120

كم السفلي منه. يتواجد الاكسجين حتى ارتفاع 60 كم غالباً على شكله الجزئي (O_2)، وفوق هذا الارتفاع على شكله الذري (O).

غاز الأوزون (O_3) موجود في الجو بنسبة بسيطة جداً. يتكون في الغلاف الجوي على ارتفاع 10 إلى 60 كم ، غالباً على ارتفاع 30 - 40 كم، تحت تأثير موجات قصيرة (فوق بنفسجية) على جزيئات الاكسجين فتنفصل إلى ذرات، التي تتحد مع الجزيئات الموجودة مكونة ازون: $O + O_2 \rightarrow O_3$, $O_2 + uv \rightarrow 2O$

تأثير هذا الغاز على الحياة على الأرض وخصوصاً على اليابسة كبير جداً، إذ انه يحميها من التأثيرات الضارة لموجات الضوء القصيرة، خصوصاً الفوق بنفسجية.

الأوزون غاز غير ثابت، فهو يكون من الأكسجين الذري اكسجين جزيئي:

$$O_3 + O = 2O_2$$

وفي أماكن تواجد أكبر كمية منه يوجد توازن بين كمية الأوزون المتكونة والمتحللة.

لكن بدأ يحدث خلل في هذا التوازن في السنوات الاخيرة بفعل الإنسان، واستعمالاته لمواد تصل الى طبقات الجو العليا، التي يتكون فيها الاوزون، فتحد من تكوينه.

غاز الارغون (Ar)

غاز خامل، لا يؤثر على العمليات الطبيعية، يخرج بكميات قليلة من فوهات البراكين. لكن أكبر كمية منه تكونت نتيجة إنشطار البوتاسيوم المشع المتواجد في طبقات القشرة الارضية العليا.

ثاني اكسيد الكربون (CO_2)

موجود بنسبة بسيطة جداً في الغلاف الجوي، معظمه في الخمسين كيلومتر السفلي منه، خصوصاً في البضعة كيلومترات فوق سطح الارض. يتكون بالتنفس واكسدة الكربون كما انه يخرج من فوهات البراكين. تأثير الانسان على نسبة هذا الغاز في العقود الأخيرة اصبح كبيراً حيث زادت كميته أكثر من 13% في المائة سنة الاخيرة.

ثاني اكسيد الكربون أساسي في استمرار الحياة على الأرض.

بخار الماء (H_2O)

يتبخر من سطح الغلاف المائي. أكبر تركيز له في العشرة كيلومترات السفلى من

الغلاف الجوي. 90% منه موجودة في الستة كيلومترات السفلى. نسبة بخار الماء في الغلاف الجوي متغيرة، تتراوح من 0,05% إلى 4%.

المحتوى غير الغازي للغلاف الجوي

يوجد مواد مختلفة عالقة في الغلاف الجوي وهي:

1- نقيطات الماء وحبيبات الثلج الموجودة في السحب. لها اهمية كبيرة في توزيع الطاقة الحرارية وتوازنها على سطح الارض. فهي تعكس جزءاً كبيراً من الطاقة الآتية من الشمس على شكل أمواج قصيرة. وتمتص الأشعة طويلة الموجة الاتية من الشمس والخارجة من الأرض.

2 - حبيبات صلبة مثل الغبار وحبيبات اللقاح؛ تُحمل بواسطة الرياح والعواصف، وتبقى حسب وزنها وحجمها مدداً متفاوتة في الغلاف الجوي. الحبيبات التي حجمها أكبر من 100 ميكرون تسقط ثانية الى الارض. وأكبر جزء من الحبيبات الاخرى لا يرتفع أكثر من 1 كم. فقط الحبيبات الصغيرة جداً، أصغر من 10 ميكرون قد تصعد الى ارتفاعات أكثر من 10 كم، وتبقى هناك مدة طويلة تصل الى عدة سنوات.

كما يوجد في الغلاف الجوي غازات اخرى بنسب قليلة جداً، لا تزيد بمجموعها عن 0,07% مثل النيون والهيليوم والكريبتون والهيدروجين والميثان وغيرها.

تركيب الغلاف الجوي

الغلاف الجوي ليس متجانساً. وانما مقسم الى أنطقة مرتبة فوق بعضها البعض على شكل طبقات. تختلف عن بعضها البعض في الصفات الفيزيائية خصوصاً درجات الحرارة (شكل 1 - 10) والضغط وفي مكوناتها.

الغلاف الجوي مقسم الى الانطقة التالية:

التروبوسفير (Troposphere)

هو النطاق الموجود مباشرة فوق سطح الأرض، وهو نطاق رقيق جداً سمكه يتراوح بين 9 كم فوق القطب و 17 كم فوق خط الاستواء. إنه أهم نطاق بالنسبة للحياة على الأرض للأسباب التالية:

1 - يحوي غاز الاكسجين الذي يكون حوالي 20% من هذا النطاق. تقل كثافته مع الارتفاع، فعلى إرتفاع أكثر من 6 كم تصبح كمية الاكسجين غير كافية لتنفس الانسان.

2 - يحوي غاز ثاني اكسيد الكربون. وهو غاز اساسي في عملية التمثيل الضوئي وفي انتاج الغذاء على الارض وفي عمليات أخرى.

3 - يحوي بخار الماء الخارج من البحار والمحيطات ومن اليابسة، والذي يوزع في هذا النطاق ويسقط على سطح الأرض غالباً على شكل مطر أو ثلج.

4 - الغازات في هذا النطاق وفي الانظمة التي تعلوه تمنع جزئياً او كلياً الأشعة القصيرة الموجة الضارة من الوصول الى الارض، حيث تعكس جزءاً وتمتص معظم الباقي. وفي نفس الوقت تمتص الاشعة الارضية طويلة الموجة.

في نطاق التروبوسفير تتكون الغيوم وتتحرك في جميع الاتجاهات وتمطر.. الخ.

درجات الحرارة تقل فيه تدريجياً مع الارتفاع حتى تصل عند حدوده العليا الى-55 °م.

ويقل الضغط تدريجياً من 1,13 بار عند مستوى سطح البحر الى ربع هذه القيمة عند حدوده العليا.

الستراتوسفير (Stratosphere)

سمكه حوالي 40كم من حوالي 10 إلى 50 كم تقريباً. يقل فيه الضغط الجوي حتى يصل الى حوالي 1 مليبار تقريباً عند حدوده العليا. درجات الحرارة تزداد تدريجياً من - 55^0 م عند حدوده السفلى الى حوالي 10^0 م عند حدوده العليا. لا يوجد في هذا النطاق سحب. تتكون فيه حركات افقية وقد يكون له تأثير على تكوين العواصف والزوابع في التروبوسفير. تتكون وتتواجد فيه معظم طبقة الاوزون. ارتفاع درجة حرارة هذا النطاق يعزى الى عملية فيزيائية كيميائية، حيث يمتص الاكسجين الاشعة فوق البنفسجية وينفصل الى ذرات تتحد مع الجزيئات مكونة أوزون.

الميزوسفير (Mesosphere)

سمك هذا النطاق حوال 30 كم، من ارتفاع 50 كم الى 80 كم تقريباً. يقل فيه الضغط حتى يصل الى اقل من I/10000 من الضغط الجوي العادي. درجات الحرارة تقل تدريجياً حتى تصل الى -56^0 م عند حدوده العليا. في أسفل هذا النطاق يوجد جزء من طبقة الاوزون.

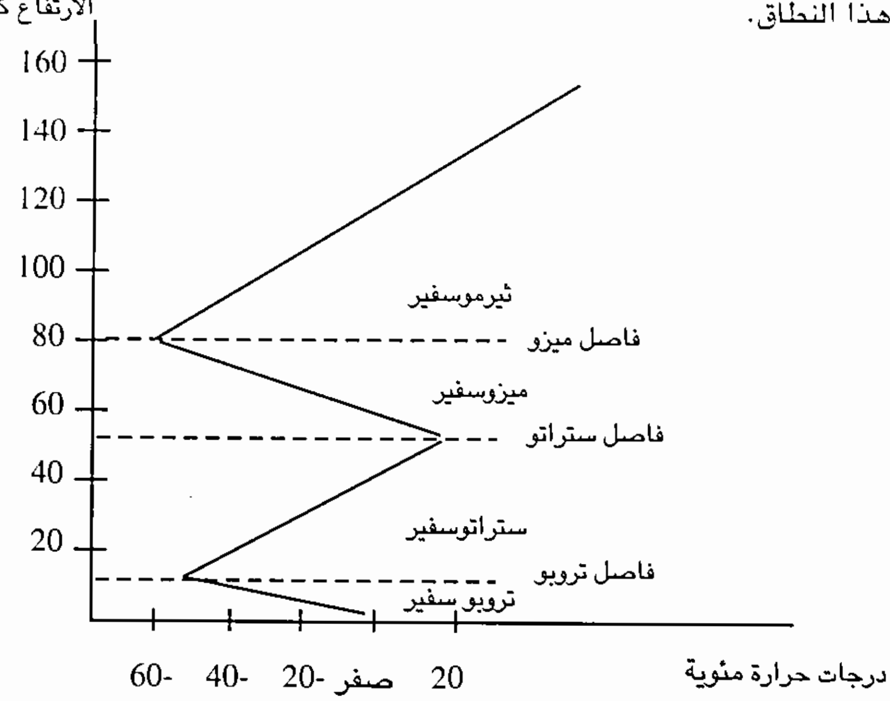
الثيرموسفير (Thermosphere)

سمكه بضعة مئات الكيلومترات، من ارتفاع 80 - 600 كم تقريباً. الضغط الجوي قليل

جـداً. درجـات الحـرارة تـزداد من -56^{0} م الى حـوالي 1000^{0}م. يمتـاز هـذا النطاق بتـأين الغازات، حيث تتكون شحنات سالبة واخرى موجبة نتيجة تأثير الاشعاع الشمسي. نستطيع تمييز خمسة طبقات موجودة على ارتفاعات متفاوتة هي طبقات D, E1, E2, F1, F2 . هذه الطبقات تعكس موجات الراديو، لذا نستطيع ان نبث في هذه الموجات لمسافات بعيدة.

الاكسوسفير (Exosphere)

يمتد هذا النطاق الخارجي من حوالي 600 كم إلى اكثر من 10000كم. درجات الحرارة فيه عالية جداً، الضغوط قليلة جداً. الذرات تتحرك بعيدة عن بعضها البعض لقلة عددها في هذا النطاق.



شكل (1 - 11) تركيب الغلاف الجوي النطاقي، وتغير درجات الحرارة مع الارتفاع

الغلاف المائي (Hydrosphere)

يحوي هذا الغلاف كل الماء الطبيعي الموجود على سطح الأرض: في المحيطات والبحار والانهار والبحيرات، وكذلك في التربة والصخور على شكل مياه جوفية.

يتـراوح سـمكه بين صـفـر وأكـثـر من 11 كم. ويغطى 361000000 كم^2 أي 70,78% من سطح الارض. اما اليابسة فمساحتها 148900000 كم^2 أي 29.22% من مساحة الارض. ولذا تظهر الارض زرقاء لرواد الفضاء. أكبر كمية حوالي (97%) من هذه المياه موجودة في

المحيطات والبحار. الجليد في المناطق والانهار الجليدية يساوي 2.15% فقط. الباقي في اليابسة كمياه جوفية وعليها في الانهار والبحيرات وفي الغلاف الجوي (جدول 2 - 11).

جدول (2-11) كمية المياه الموجودة على سطح الأرض وفي القشرة الارضية من كيلير(1992)، سلطة المسح الجيولوجية الامريكية

مكان تواجد المياه	حجم المياه كم^3	النسبة المئوية
البحار والمحيطات	1230 000 000	97.2
المجالد	28 600 000	2.15
المياه الجوفية حتى عمق 800 م	4 000 000	0.31
البحيرات	123 000	0.009
الغلاف الجوي	12700	0.001
الأنهر	1200	0.0001

لو كانت الارض مستوية لغطى محيط عمقه حوالي 2450 م كل سطح الارض. صفات الماء الفيزيائية المختلفة جعلته يلعب أهم دور في تخزين وتوزيع الطاقة على الارض.. كما ان له اكبر الاهمية في تواجد وانتشار الحياة على الارض، وفي تعرية اليابسة واذابة المعادن ونقلها على شكل محاليل الى المحيطات، حيث ينقل سنوياً 2,75 مليون طن من الاملاح من اليابسة الى المحيطات. نسبة الاملاح في المحيطات (جدول 3 - 11) ثابتة تقريباً 3.5% قد تزيد في بعض البحار المحصورة مثل البحر الابيض المتوسط والبحر الاحمر.

جدول (3 - 11) الاملاح في مياد المحيطات من محمد حسن... (1990).

كلوريد الصوديوم	% 77,7
كلوريد المغنيسيوم	%10.08
كبريتات المغنيسيوم	%4,7
كبريتات الكالسيوم	%3,6
كبريتات البوتاسيوم	%2,5
كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم	%0,3
بروميد المغنيسيوم	%0,2
املاح اخرى	%,2
المجموع	%100

هذا الغلاف يتأثر بقوة الجاذبية للشمس والقمر مما يسبب المد والجزر.

الغلاف الحيوي (Biosphere)

هذا الغلاف يتكون من أجزاء الارض المنتشرة فيها الحياة بأنواعها المختلفة حيوانية ونباتية. فهو الغابات والشعاب المرجانية وقطعان الحيوانات في الاماكن المختلفة الخ. شكل هذا الغلاف غير منتظم وليس مستمراً. اجزاؤه متداخلة في الاغلفة الثلاثة الجوي، المائي والصخري. هو أصغر هذه الاغلفة، إلا ان تأثيره كبير عليها. فالغلاف الجوي تكون بشكله الحالي نتيجة تأثير النشاط الحيوي خصوصاً النباتي عليه. والكائنات الحية المختلفة المنتشرة في البحار والمحيطات تؤثر باستمرار على تركيب مياهها. فهي تكون منها هياكلها الجيرية والسيليسية.. الخ.

كذلك له تأثير على الغلاف الصخري، حيث تكون بقايا الكائنات الحية انواعاً مختلفة من الصخور الرسوبية مثل أكثر الصخور الجيرية والفحم الحجري والبترول الخ.

الغلاف الصلب وما تحته

لقد بينت الدراسات أنه حدث فرز للمواد المكونة للأرض حسب كثافتها، وذلك في بداية عمر الارض عندما كانت كلها صهير. تحركت المواد الاثقل باتجاه المركز وتجمعت هناك وتحركت المواد الأخف باتجاه السطح.

لذلك فإن الارض الصلبة مكونة من نطاقات كروية: في الوسط النواه (Core) ثم الوشاح (Mantle) فالقشرة (Crust) ، (شكل 2 - 11).

النواه (Core)

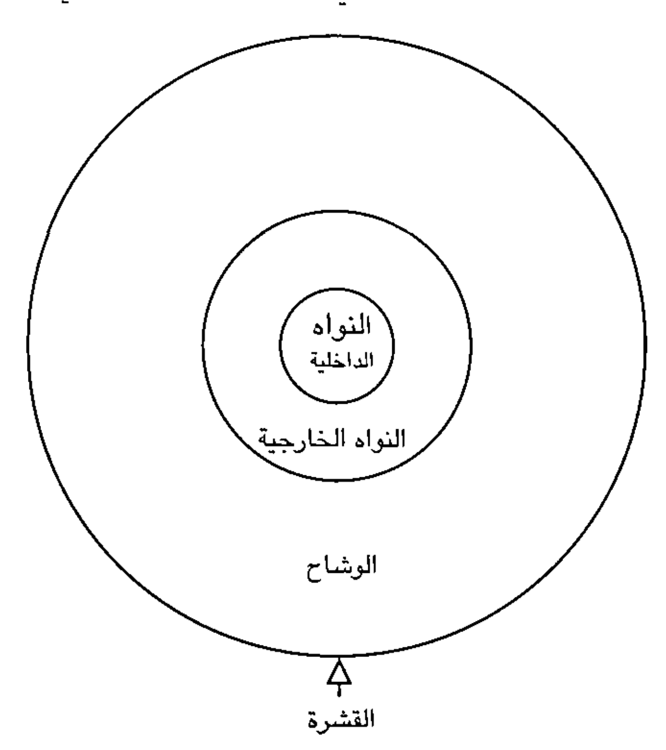
نصف قطرها 3486 كم، معدل كثافتها 10,72 غم / سم^3 ، تكون 16,2% من حجم الارض و 31,5% من كتلتها. وهي مقسمة الى جزئين: نواة داخلية نصف قطرها 1216 كم ويعتقد انها صلبة او لها صفات الصلابة، ونواة خارجية سمكها 2270 ويعتقد انها في حالة سيولة او لها صفات السيولة.

الوشاح (Mantle)

سمكه 2885 كم، ويكون حوالي 82,3% من حجم الارض، و 67,8% من كتلتها. كثافته حوالي 4,53 غم / سم^3 . مكوناته لها صفات الصلابة مع ان درجات حرارته عالية، الا ان الضغوط داخله كبيرة، مما يبقي المواد فيه بالقرب من درجة انصهارها.

انه مقسم الى انطقة ثانوية. أعلى جزء فيه يكون مع القشرة الغلاف الصخري (-Litho

sphere) . وهي طبقة صلبة. تحتها مباشرة توجد طبقة لدنة لها قابلية الانسياب، سمكها حوالي 600كم، اسمها استنوسفير (Asthenosphere) . حركة التيارات الحاملة في هذا النطاق هي المسؤولة عن النشاط البركاني والحركات التكتونية في القشرة الارضية.



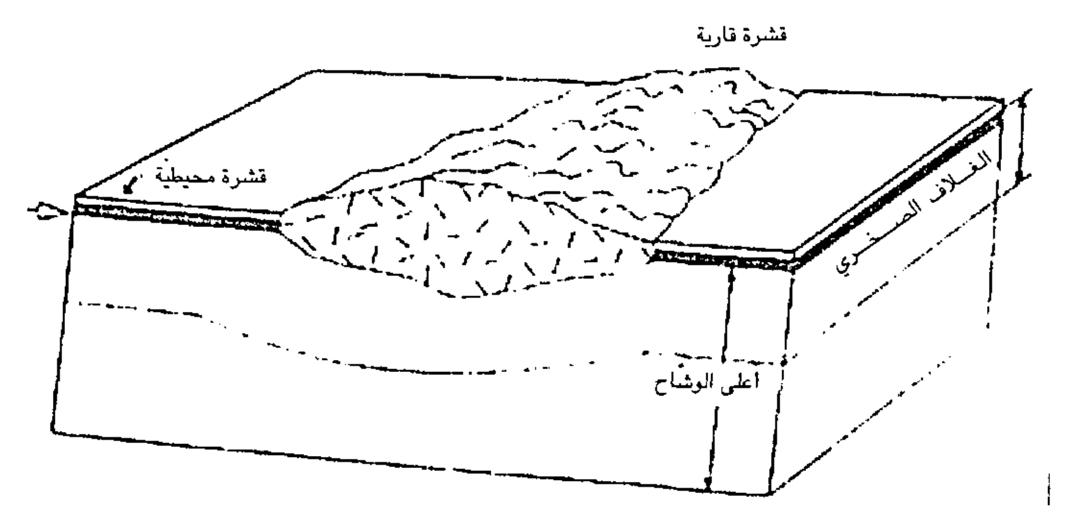
شكل (2 - 11) التركيب الداخلي للأرض : في الداخل النواة الداخلية وقطرها 1216 كم، ثم النواه الخارجية وسمكها 2270 كم. يليها الوشاح وسمكه 2885 كم. فالقشرة وسمكها 5 - 40 كم.

القشرة (Crust)

هي الطبقة الخارجية الرقيقة الصلبة والخفيفة الموجودة فوق الوشاح. وهي تكون الجزء العلوي من الغلاف الصخري. معدل كثافتها 2,7 - 2,9 غم/ سم^3 ، وسمكها يتراوح من5 إلى 40كم.

القشرة هي النطاق الوحيد الذي نستطيع دراسة صفاته الكيميائية والفيزيائية مباشرة.

بكل وضوح نستطيع ان نميز بين قشرة محيطية واخرى قارية (شكل 3 - 11)، ليس فقط من حيث مستواها بالنسبة لمستوى سطح البحر فحسب، بل من حيث تركيبها الكيميائي والمعدني ومن حيث سماكتيهما.

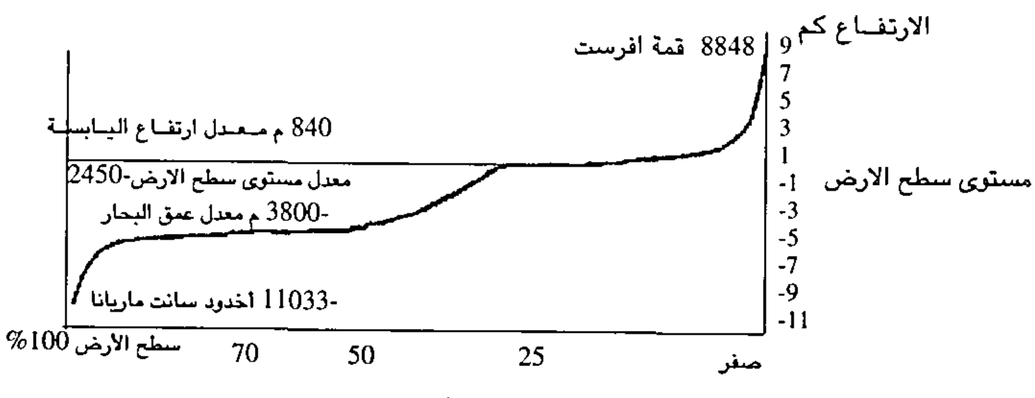


شكل (3 - 11) القشرة المحيطية والقشرة القارية الخفيفة والسميكة والغلاف الصخري الذي يتكون من اعلى الوشاح ومن القشرة

فالقشرة المحيطية أقل سماكة (حوالي 5 كم) ، وأكثر كثافة (2,9 غم / سم^3)، ومكونة من صخور قاعدية، غالباً بازلتية.

أما القشرة القارية فهي أكبر سماكة (30 – 40 كم)، وأقل كثافة (2.7 غم / سم^3) ومكونة غالباً من صخور حامضية كالجرانيت.

سطح القشرة غير منتظم، فهناك جبال يصل ارتفاعها الى 848 8 كجبل إفرست، وانخفاضات تصل إلى 11033م كانخفاض مريانا في المحيط الهادىء. لكن معدل ارتفاع اليابسة حوالي 8400م، ومعدل عمق المحيطات والبحار حوالي 800 3م. أما معدل عمق سطح الارض الكلي لو كان مستوياً تماماً فهو حوالي 2450 م (شكل 4 - 11)



شكل (4 - 11) مستويات سطح الأرض وتوزيعها المئوي

الخلاصة

تتكون الأرض من عدد من الأغلفة هي الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي والغلاف الصخري وما تحته.

تطور الغلاف الجوي خلال تاريخ الأرض. وهو يتكون من غازات النيتروجين والاوكسجين والارغون وثاني اكسيد الكربون وبخار الماء، ويتركب من انطقة كروية هي التروبوسفير ثم الستراتوسفير والميزوسفير والثيرموسفير والأكسوسفير.

يوجد نطاق التروبوسفير فوق الأرض مباشرة، سمكه حوالي 10كم، تقل درجات الحرارة فيه مع الارتفاع حتى تصل -55 °م عند حدوده العليا. وهو من أهم الأغلفة بالنسبة للحياة على الارض، ففيه تتواجد غازات الاكسجين وثاني اكسيد الكربون وبخار الماء، وفيه تتكون الغيوم وتهطل الأمطار. يليه الستراتوسفير وسمكه حوالي 40 كم، تزداد فيه درجات الحرارة من 55 °° إلى10 °م، يحوي معظم طبقة الأوزون.

في طبقة الميزوسفير تقل درجات الحرارة ثانية حتى تصل إلى 56°م، يحوي جزءاً من طبقة الأوزون.

تزداد درجات الحرارة في الثيرموسفير حتى تصل الى حوالي 1000 °م، وتتأين الغازات فيه، فتتكون خمس طبقات تعكس موجات الراديو.

يحيوي الغلاف المائي كل الماء الموجود على سطح الأرض ولو كانت الأرض مستوية، لغطى محيط عمقه حوالي 2450 م كل سطح الأرض. وبدونه لا توجد حياة على الارض. ويلعب دوراً هاماً في تخزين وتوزيع الطاقة على الأرض.

يشكل الغلاف الحيوي كل الحياة على الأرض. وهو غير منتظم، ومتداخل مع الأغلفة الثلاثة الأخرى المذكورة.

تتكون الأرض الصلبة كذلك من ثلاثة أغلفة، النواة الداخلية، والنواة الخارجية، والوشاح وعلى السطح القشرة. والقشرة نوعان قشرة محيطية وقشرة قارية، الأولى أكبر كثافة وأقل سماكة من الثانية.

أسئلة وتمارين

1 - مم يتكون الغلاف الجوي الحالي؟

2 - كيف تكون الاكسجين في الغلاف الجوي؟

3 - كيف تتغير درجات الحرارة مع الارتفاع؟ وضّح ذلك بالرسم، واذكر اسماء أنظمة الغلاف الجوي وصفاتها بشكل عام.

4 - أين وكيف يتكون الأوزون؟

5 - ما أهمية الاوزون بالنسبة للحياة على الأرض؟ كيف يؤثر الإنسان في الوقت الحاضر على هذه الطبقة؟

6 - وضح بالرسم تركيب الأرض الداخلي، وصف أجزاءها بشكل عام.

الفصل الثاني عشر

المواد المكونة للقشرة الأرضية

التركيب الكيميائي للقشرة

يعرف الانسان اكثر من 110 عناصر، 87 عنصراً منها ثابتة وموجودة في الطبيعة. لكن توزيعها في القشرة ليس متجانساً بتاتاً. عشرة عناصر فقط تكون أكثر من 99% من وزن القشرة الأرضية (جدول 1 - 12).

جدول (1 - 12) : تبين معدل تركيب القشرة الارضية (من ميسين 1958)

العنصــر	النسبة المئوية بالوزن
اكسجين	46,60
سيليكون	27,72
المنيوم	8,13
حديد	5,00
كالسيوم	3,63
صوديوم	2,83
بوتاسيوم	2,59
مغنيسيوم	2,09
تيتانيوم	0,44
هيدروجين	0,14
المجموع	99,17

ويشكل الاكسجين لوحده 46,60% من وزن و 94,76% من حجم القشرة الارضية. فالقشرة مكونة تقريباً من ذرات اكسجين متراصة، وبينها موزعة ذرات العناصر الأخرى خصوصاً المذكورة في القائمة.

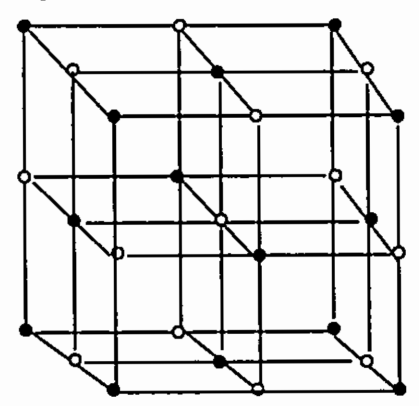
العناصر التي تلي العناصر العشرة المذكورة في جدول (1 - 12) هي:

الفسفور (0,12%) ، المنغنيز (0,1%) ، الفلور (0,08%) الكبريت (0,05%) ، الكلور (0,04%) والكربون (0,03%).

أمـا مـعظم العناصـر الاخـرى مـثل الذهب والبـلاتين واليـورانيـوم فـهي نادرة. وقليلة الانتشار بالنسبة للعنـاصر المذكورة في الجدول رقم (1 - 12)، لذا يعطى تركيـزها بالغـرام لكل طن او بالجزء بالمليون (ppm).

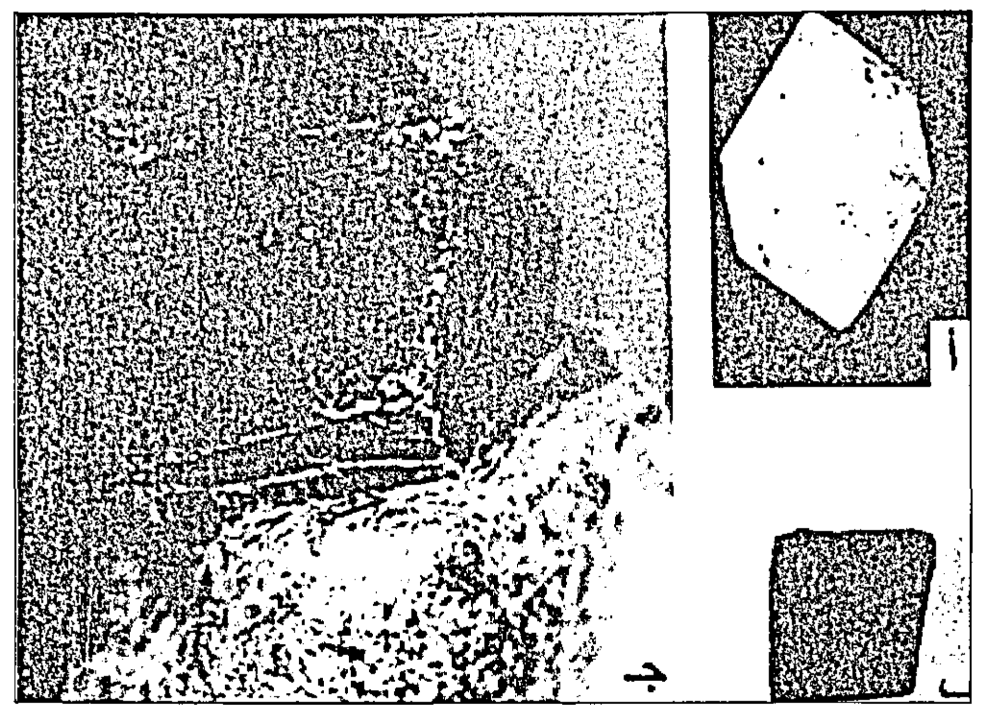
التركيب المعدني للقشرة الأرضية

تتكون معظم المواد الصلبـة الموجودة في القشرة الارضية من معادن. وهذه المعادن عبارة عن مواد لا عضوية صلبة متبلورة، تكونت في الطبيعة ولها تركيب كيميائي محدد، قد يتغير ولكن ضمن نطاق محدود، كما ان لها صفات فيزيائية مميزة. كونها متبلورة أي أن لها تركيباً داخلياً منتظماً. والبلورات هي أجسام صلبة متجانسة مكونة من ذرات أو أيونات لها ترتيب داخلي منتظم ومتكرر في ثلاث ابعاد (شكل 2 - 12). لذا فهي محاطة بأوجه مستوية ملساء ذات ترتيب هندسي منتظم. ويوجد مواد صلبة ليس لها ترتيب داخلي منتظم نسميها مواد غير متبلورة (Amorphous) مثل الزجاج.



شكل (1 - 12) رسم توضيحي يبين التركيب الداخلي لبلورة ملح الطعام - أيونات الصوديوم (اسود اصغر من أيونات البوتاسيوم

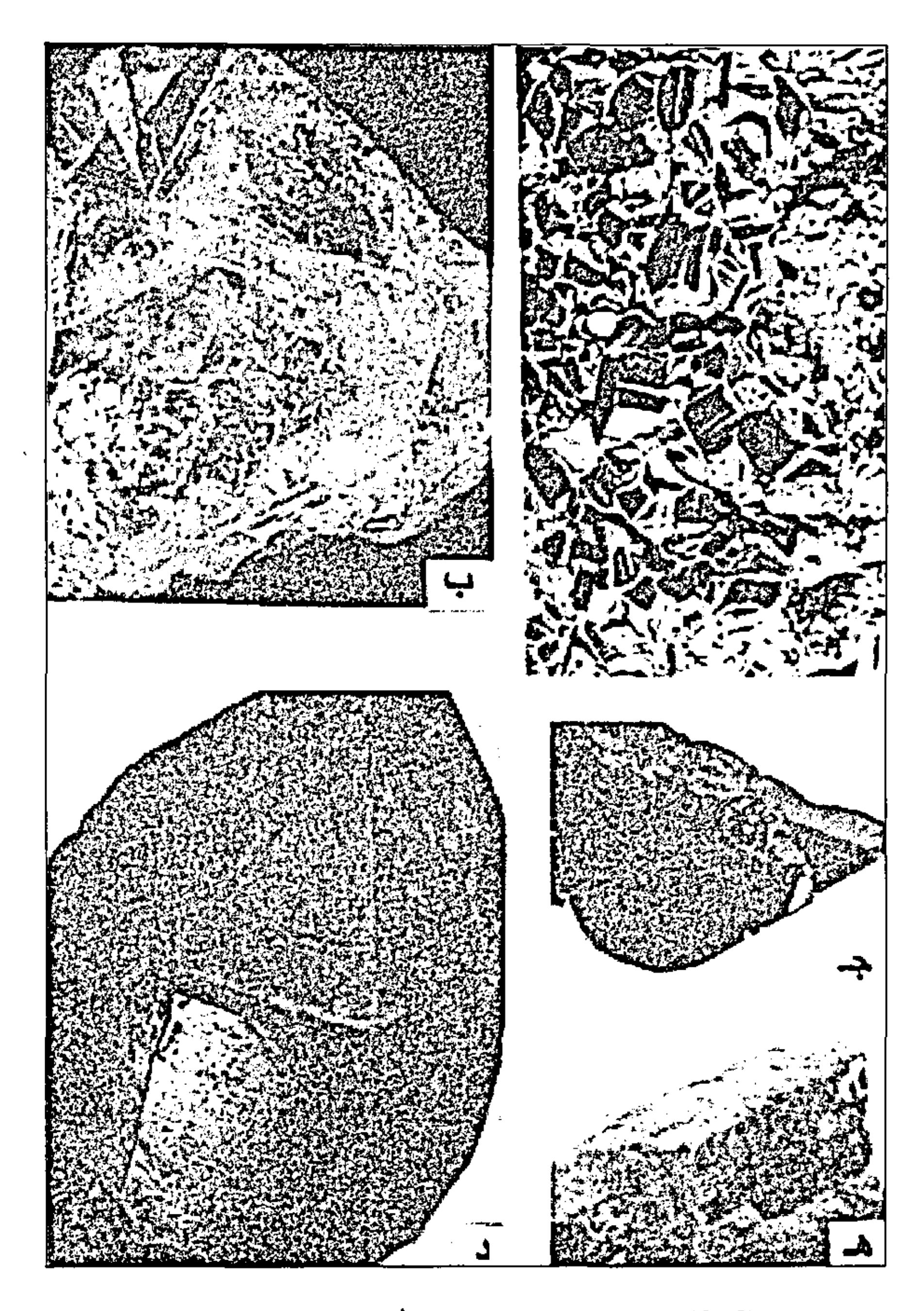
إذا كانت الأحوال المحيطة بمنطقة التبلور مناسبة، يمكن أن تتكون بلورات محاطة من جميع الجهات بأوجه مستوية ملساء، نسميها بلورات كاملة الاوجه (Euhedral crystals) (شكل2 - 12).



شكل (2 - 12) بلورات كاملة الأوجه. تبين الشكل البلوري المميز لمعادن:

أ - كولاتز ب - جالينا جـ - جارنيت

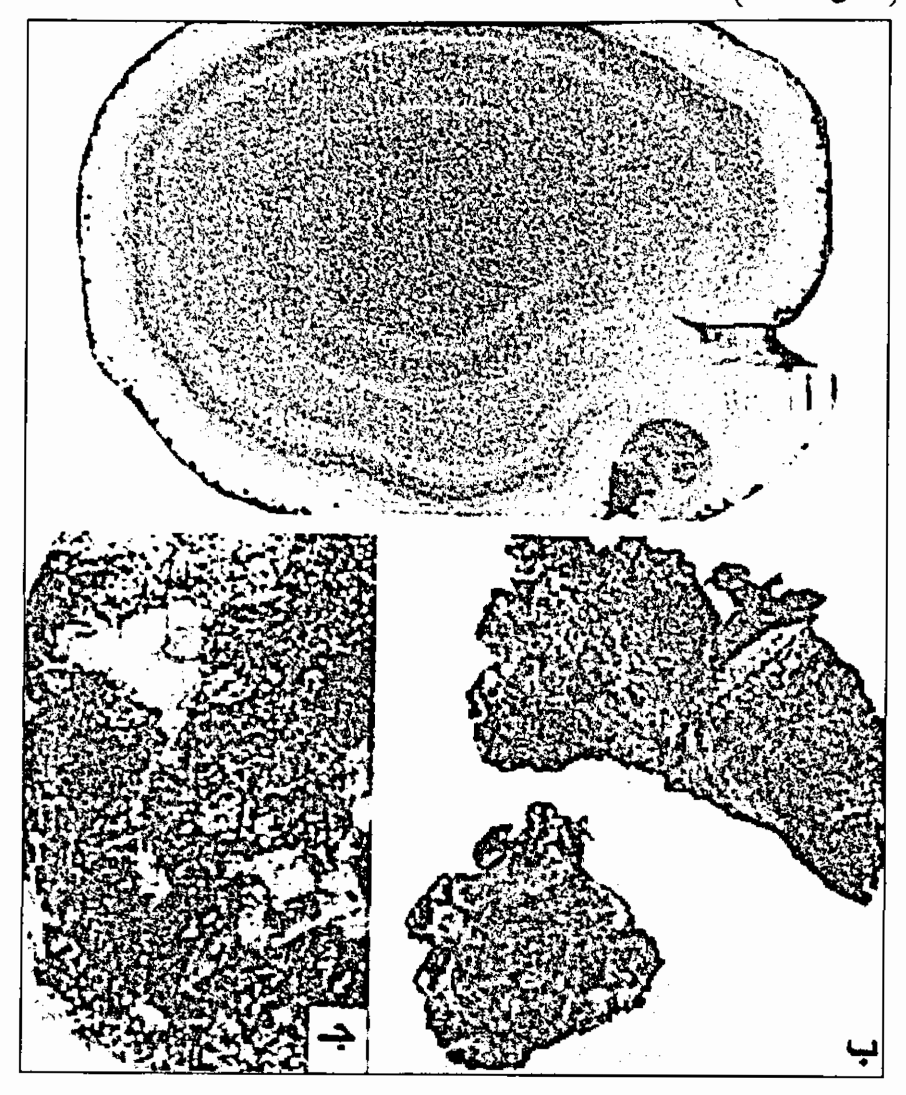
ويمكن أن تكون الأوجه غير كاملة او بعضها ظاهرة والأخرى غير ظاهرة، نسميها بلورات غير كاملة، او ناقصة الأوجه (Subhedral crystals) . (شكل 3 - 12).



شكل (3 - 12) معادن بلوراتها غير كاملة الأوجه. لكن شكلها البلوري مميز

أ - بايرايت، ب - فلورايت، جـ - هيماتايت ، د - كوارتز دخاني، هـ بيريل

أما إذا كانت الأوجه كلها غير موجودة فنسميها بلورات عديمة الاوجه (-Anhedral crys tals) (شكل 4 - 12).



شكل (4 - 12) معادن بلوراتها عديمة الأوجه. أ - آغات، ب - نحاس، جـ كالكوبايرات.

في جميع الحالات - سواء كانت الأوجه موجودة او غير موجودة - نستطيع التعرف على حالة التبلور بواسطة المجهر المستقطب، ونستطيع تمييز النظام الداخلي المنتظم بواسطة الاشعة السينية.

تتبلور معظم المعادن من الصهير داخل الارض أو على سطحها. وكثير من المعادن تتبلور من محاليل. ومن أبرز صفات البلورات ثبات الزاوية بين الأوجه المتجاورة.

الصفات الفيزيائية للمعادن

تعكس الصفات الفيزيائية بشكل عام التركيب الداخلي المتكرر والمنتظم للبلورات. كما تعكس التكوين الكيميائي المحدد، الذي قد يتغير ولكن ضمن حدود ثابتة. يمكن أن تحل ذرات عناصر مختلفة، ذات احجام متقاربة مكان بعضها البعض في البناء البلوري، دون تغيير الترتيب الداخلي للذرات أو الشكل الخارجي للبلورات. هذا ما نسميه تساوي الشكل أو تشاكل (Isomorphism).

لذلك فإن للبلورات والمعادن المختلفة صفاتها الفيزيائية المميزة، التي قد تتغير ولكن ضمن نطاق محدود، تبعاً لتغير التكوين الكيميائي.

أهم الصفات الفيزيائية التي نستطيع من خلالها تمييز البلورات والمعادن هي:

الشكل البلوري (Crystal form)، والبريق (Luster) ، واللون (Color)، والشفافية (di-aphaneity)، والمخدوش (Streak)، والصلادة (Hardness)، والتشقق (Cleavage) والكثافة (Density)، والانكسار المزدوج (Double refraction) ، والتفاعل مع الحوامض، خصوصاً مع حامض الهيدروكلوريك (HCl).

الشكل البلوري (Crysal Form)

يمكن أن تتكون - في أحوال التبلور المناسبة - بلورات كاملة الشكل. مع أنه يوجد هناك معادن مختلفة لها نفس التركيب الداخلي والشكل الخارجي، الا أنه يوجد معادن شكل بلوراتها مميز، ويمكن تحديدها من شكل بلوراتها، مثل الكوارتز (شكل 2-12 أو شكل 3 -12 د) والبايرايت (شكل 3 - 12أ) وغيرها.

البريق (Luster)

البريق هو كيفية عكس المعدن للضوء، ويمكن التمييز بين معادن بدون بريق، نسميها معادن ترابية. ومعادن لها بريق. والأخيرة اما أن يكون بريقها فلزياً (metallic) او غير فلزيا (non - metallic) . والبريق الفلزي يمكن أن يكون ذهبياً ، فضياً أو أسوداً ويمكن أن يكون ساطعاً أو قاتماً. والبريق اللافلزي يمكن أن يكون زجاجياً (vitreous, glassy) ، حريريا (Silky) ، لؤلؤياً (pearly) ، عنبريا (resinous) ، أو دهنياً (greasy).

اللون (Colour)

يكون لون بعض المعادن ثابتاً ومميزاً مثل لون الملاكايت الاخضر الفاتح أو لون الاولفين الاخضر الزيتوني الخ. ولون معادن أُخرى متغير حسب تركيبه الكيميائي وإحتوائه على شوائب مختلفة. فمعدن الكوارتز مثلاً نجده بدون لون، أو بنفسجياً أو أحمرا أو أبيضاً أو أسوداً. لذا لا يستعمل اللون لوحده كصفة لتمييز المعادن.

الصلادة (Hardness)

هي قدرة المعدن على مقاومة الكشط أو الخدش. بمعنى آخر هي قدرة المعدن على خدش المعادن الأخرى، ومقاومته للخدش من قبل هذه المعادن، والمعادن ذات الصلادة الأعلى تخدش المعادن ذات الصلادة الاقل وللصلادة علاقة مباشرة بالتركيب الداخلي للبلورات وكلما كان هذا اقوى، كلما كانت الصلادة أعلى.

وضع العالم الالماني موهز (Mohs) قبل أكثر من قرن مقياساً للصلادة ذا تدريج عشري من 1 - 10، حسب صلادة عشرة معادن معروفة، مرتبة من التلك (Talc) الى الماس (Diamound) (جدول 2 - 12)، علماً بأن درجة الصلادة بين هذه المعادن غير متساوية. هذه المعادن مرتبة من أسفل الى أعلى حسب صلادتها، وذكرت الى جانبها مواد كثيرة الاستعمال، ذات صلادة معروفة، تستعمل لمقارنة صلادتها مع صلادة المعادل لتمييزها.

جدول (2 - 12) : مقياس موهز للصلادة

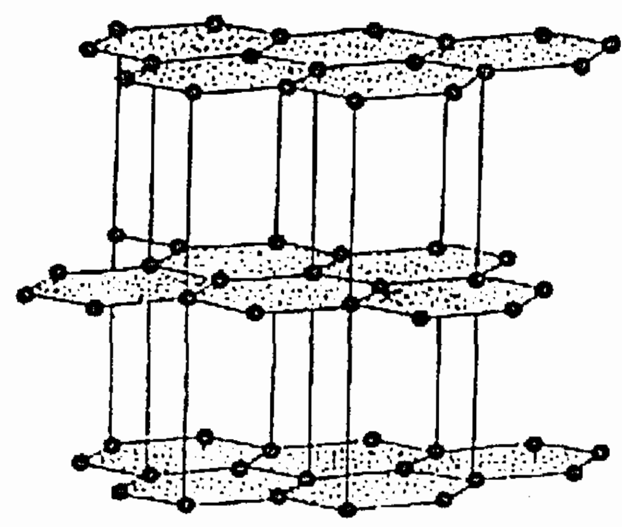
10 – ماس .... (Diamond) 9 – كورندوم .... (Corundum) 8 – توباز .... (Topaz) 7 – كوارتز .... (Quartz) 6 – اورثوكليس .... (Orthoclase)
5,5 زجاج ، سكين فولاذي
5 – اباتايت .... (Apatite) 4 – فلورايت.................. (Flourite)
3,5 قرش نحاسي
3 – كالسايت...................... (Calcite)
2,5 الأظفر
2 – جبس...................... (Gypsum) 1 – تلك .... (Talc)

المخدش (Streak)

هو لون مسحوق المعدن ولتحديده يحك المعدن بقوة على قطعة فخار غير مغطاة بطبقة زجاجية، ولون المخدش عادة يختلف عن لون القطع الكبيرة من المعدن. لكن المعادن الأكثر صلادة من الفخار تخدشها ولا تترك مخدشاً عليها. كما أن معظم المعادن ذات البريق اللافلزي تترك مخدشاً أبيضاً او فاتحاً، لا نستطيع بواسطته تمييز معدن عن معدن، لذا فإن استعمال المخدش لتمييز المعادن محدود.

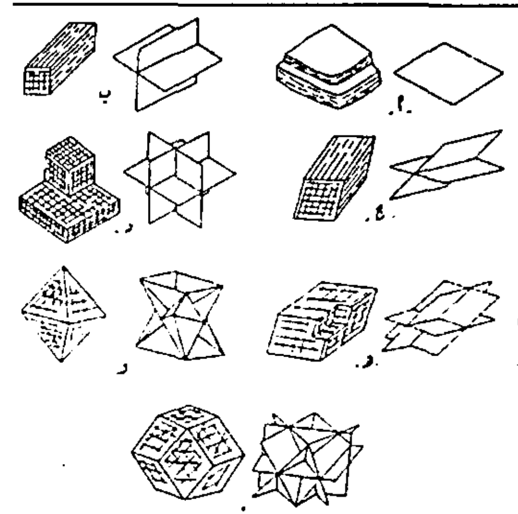
الانفصام (Cleavage)

هو ميول المعدن لأن ينكسر بشكل متكرر على إمتداد أسطح مستوية وهذا يعكس الترتيب الداخلي المتكرر للذرات والايونات والقوى التي تتحكم بهذا الترتيب قد لا تكون متساوية في جميع الاتجاهات (شكل 5 - 12) . أي أن قوة تماسك الذرات والأيونات قد تظهر ضعفاً في اتجاه واحد أو في أكثر من إتجاه، مما يجعل هذه المعادن تتكسر بشكل متكرر محاذ لمسطحات متوازية على امتداد هذه الاتجاهات وقد يكون للمعدن اتجاه واحد أو اتجاهان أو ثلاثة اتجاهات أو أربعة اتجاهات أو ستة اتجاهات (شكل 7-12). قد يكون الانفصام في كل هذه الاتجاهات جيداً وبنفس الدرجة، وقد يوجد تفاوت في درجة الانفصام في الاتجاهات المختلفة وتكون درجة الانفصام جيدة اذا كان مسطح الانفصام مستوياً وأملساً، وتكون رديئة اذا كان متدرجاً (شكل 6 - 12).



شكل (5 - 12) رسم توضيحي يبين التركيب الداخلي لذرات الكربون في معدن الجرافيت. ويظهر ترتيبها كثيفاً وقوة تماسكها اقوى في مستويات حيث تكون هذه الذرات صفائح، وضعيف عمودي على هذه المستويات. لذلك يكون انفصامها جيداً بين الصفائح.

شكل (6 - 12) معادن ذات انفصام جيد. أ - كالسايت. قطعة تشقق تبين انفصام جيد في ثلاثة اتجاهات ب - جبس، قطعة تشقق محاطة بأوجه انفصام



(7 - 12) الإنفصام في اتجاهات مختلفة

أ - إنفصام في اتجاه واحد. مايكا. ب - إنفصام في اتجاهين متعامدين. فلدسبار. ، جـ -إنفصام في اتجاهين غير متعامدين. أمفيبول. د -إنفصام في ثلاثة اتجاهات متعامدة. هالايت. هـ -إنفصام في ثلاثة اتجاهات غير متعامدة. كلسايت و - إنفصام في أربعة اتجاهات. فلورايت. ز - إنفصام في ستة اتجاهات . سفاليرايت.

المكسر (Fracture)

إذا لم يكن هناك تشقق في المعدن فإنه ينكسر، أي يكون له مكسر. والمكسر إما أن يكون غير منتظم أو أن يكون منحنياً أملساً يقال انه محاري (Conchoidal) أو أن يكون حزمي الشكل (Fibrous).

الكثافة (Density)

هي وزن وحدة حجوم المعدن ويوجد تفاوت في كثافة المعادن المختلفة، مما يساعد على تمييزها. فمثلاً كثافة الذهب حوالي 20 غم/سم^3 ، والبايرايت 5 غم/سم^3 ، والزئبق 13.6 غم/ سم^3.

الانكسار المزدوج (Double refraction)

عندما يمر الضوء داخل البلورة ينقسم الى شعاعين. لذلك نرى الأشياء خلف كثير من البلورات مثل بلورة الكالسايت مزدوجة (شكل 6 - 12أ)

التفاعل مع الحوامض

تتفاعل بعض المعادن مثل الكالسايت بشدة مع حامض الهيدروكلوريك المخفف وتتفاعل معادن أُخرى كالدولومايت معه فقط عندما تكون على شكل مسحوق. معادن أخرى لا تتفاعل معه. لذا يمكن تمييز بعض المعادن خصوصاً الكربونات بهذا الحامض.

توجد صفات اخرى مثل التمغنط والاستشعاع وقابلية الذوبان في الماء وفي سوائل أُخرى الخ، تساعد على تمييز المعادن المختلفة عن بعضها البعض.

تصنيف المعادن

تقسم المعادن حسب التركيب الكيميائي الى مجموعات أهمها:

1 – عناصر نقية (Native elements) ، مثل النحاس Cu ، (شكل 4-12 ب). والذهب Au والفضة Ag والكربون على شكل الفحم والجرانيت والماس.

2 – الاكاسيد (Oxides) ، مثل الماجنيتايت ($Fe_3 O_4$) والهيماتايت $Fe_2 O3$. (شكل3 -12جـ).

3 – الهيدروكسيدات (Hydroxides) مثل الجبسايت $Al (OH)_2$ والبروسايت $Mg (OH)_2$ والليمونايت (Limonite) $Fe_2 O_3 . nH_2O$

4 – الكبرتييدات(Pyrite) FeS_2 والسفاليرايت (Sphalerite) ZnS والكالكوبايرايت Cu (Chalocopyrite) FeS_2 (شكل 4 - 12 جـ)

5 ا- لكبريتات (Sulphates) مثل الجبس (Gypsum) $Ca_2 SO_4 - 2H_2O$ (شكل 6 - 12 ب) . والانهايدرايت (Anhydrite) $CaSO_4$ ، والبارايت (Barite) $BaSO_4$.

6 – الكربونات (Carbonates) مثل الكالسايت (Calcite) $CaCO_3$ (شكل 6 - 12 أ) والدولومايت (Dolomite) $CaMg(CO_3)_2$ ، والسيدارايت (Siderite) $FeCO_3$.

7 – الفوسفات (Phosphates) مثل الابتايت (Apatite).

$Ca_5 (PO4)_3 . (F,CI,OH)$

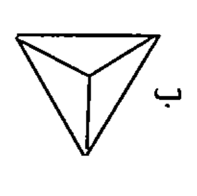
8 – الهاليدات (Halides) مثل ملح الطعام الهالايت (Halite) (NaC1) (شكل 8 - 12) والسلفايت (Sylvite) KCl.

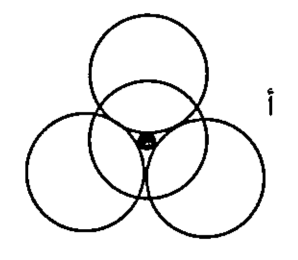


شكل (8 - 12) بلورات ملح الطعام حول غصن نبتة كانت تنمو على شاطىء البحر الميت

9 – السيليكات (Silicates) : أكثر المجموعات انتشاراً في الطبيعة.

حجر أساس السيليكات هو رباعي الاوجه السيليكاتي (SiO_4) (Tetrahedron) الذي تكون فيه ذرة السيليكون محاطة بأربع ذرات اكسجين (شكل 9 - 12).





شكل (9 - 12) رباعي الأوجه السيليكاتي:
أ أربع ذرات أكسجين (كبيرة الحجم)، تحيط بذرة سيليكون (سوداء صغيرة الحجم). ب . رسم توضيحي تمثل الرؤوس فيه مراكز ذرات الاكسجين.

9-1 سيليكات منفصلة أو نيزوسيليكات (Nesosilicates) حيث تكون رباعيات الأوجه السيليكاتية منفصلة وغير مرتبطة مع بعضها البعض، مثل معدن الاولفين MgFe SiO_4 (Olivine).

9-2 سيليكات مزدوجة أو سوروسيليكات (Sorosilicates) ، تكون فيه رباعيات الأوجه السيليكاتية على شكل أزواج مثل الميليلايت ($Ca_2MgSi_2O_7$ Melilite).

9-3 سيليكات حلقية أو السايكلوسيليكات (Cyclosilicates) ، وتكون فيه ثلاثة، أربعة او ستة من رباعيات الأوجه السيليكاتية مرتبة على شكل دائري مثل البيريل (Beryl) $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ (شكل 2 - 12 وشكل 10 - 12).

9-4 سيليكات سلسالية(Chain Silicate) أو الأينوسيليكات (Inosilicates) ، وتكون فيه رباعيات الاوجه السيليكاتية مرتبة على شكل سلاسل مستقيمة، فهي اما ان تكون:

أ - أحادية السلاسل (Single chain silicates) مثل البايروكسين (Pyroxene) وهي مجموعة سيليكات معقدة تحوي Ca, Mg, Fe مثل الاوجايت $Ca(Mg, Fe)(Si_2O_6)$ (Augte)

ب - مزدوجة السلاسل (Double Chain Silicates) مثل الامفبول (Amphibole) ، وهي كذلك سيليكات معقدة تختلف عن البايروكسين في تركيبها السلسالي المزدوج، وفي احتوائها على الماء. ومن أهم المعادن التابعة لمجموعة الأمفيبول، معدن الهورنبليند (Hornblende) $Ca_2(Mg, Fe)_5[(OH)/Si_4O_{11}]_2$

9-5 سيليكات صفائحية , (Sheet silicates) أو فيلوسيكات (Phyllosilicates) حيث تكون فيه رباعيات الاوجه السيليكاتية مرتبة على شكل صفائح (شكل 2 - 12)، مثل التلك (Talc) $Mg_3(OH)_2(Si_4O_{10})$ والمايكا (Mica) والمعادن الطينية.

9-6 سيليكات هيكلية أو تكتوسيليكات (Tectosilicates) لرباعيات الأوجه السيليكاتية ترتيب هيكلي ثلاثي الابعاد، يشارك فيه كل رباعي أوجه سيليكاتي (Tetrahedron) ذراته الأوكسجين الأربع مع رباعيات الأوجه السيليكاتية (Tetrahedrons) المحيطة به من جميع الجهات مثل الكوارتز (Quartz) SiO_2 والفلدسبار (Feldspars):

حسب ترتيب رباعيات الأوجه السيليكاتية، تقسم المعادن السيليكاتة (شكل10-12) الى المجموعات التالية:

اسم المعدن ورمزه الكيميائي البسيط		ترتيب رباعيات الأوجه السيليكانية
	أوليفين $(Mg, Fe)_2 SiO4$	منفصلة
	ميليلايت $Ca_2 Mg Si_2 O_7$	مزدوجة
	بيريل $Be_3 Al_2 Si_6 O_{18}$	حلقية
	بايروكسين $(Mg, Fe)_2 Si_2 O_6$	أحادية السلاسل
	امفيبول $Ca_2 (Mg, Fe)_5 Si_8 O_{22} (OH)_2$	مزدوجة السلاسل
مايكا	موسكوفايت $KAl_3 Si_3 O_{10} (OH)_2$	صفائحية
مايكا	بيوتايت $K(Mg, Fe)_3AlSi_3 O_{10} (OH)_2$	صفائحية
فلدسبار	أورثوكليس $KAl Si_3 O_8$	هيكلية ذات ثلاثة أبعاد
فلدسبار	بلاجيوكليس $(Ca, Na) AlSi_{2-3} O_8$	هيكلية ذات ثلاثة أبعاد
	كوارتز SiO_2	هيكلية ذات ثلاثة أبعاد

شكل (10 - 12) اكثر المعادن السيليكاتية انتشاراً وترتيب رباعي الأوجه السيليكاتي فيها.

- أورثوكليس $KAlSi_3 O_8$ (Orthoclase)
- ألبايت $NaAl Si_3 O_8$ (Albite)
- أنور ثايت $CaAl_2 Si_2 O_8$ (Anorthite)

وتم تحديد حتى الآن حوالي 2000 معدناً، والأكثر انتشاراً حوالي 100 معدن ويكون 20 معدناً منها حوالي (95%) من صخور القشرة ومعظم الوشاح، وتسمى المعادن المكونة للصخور (قائمة 2 - 3) من أكثر المعادن انتشاراً

جدول (3 - 12) توزيع أهم المعادن المكونة للصخور في القشرة الأرضية.

1 -	البلاجيوكليس	حوالي 39%
2 -	الاورثوكليس	حوالي 12%
3 -	الكوارتـــز	حوالي 12%
4 -	البايروكسين	حوالي 11%
5 -	المايكـــا	حوالي 5%
6 -	الأمفيبـــول	حوالي 5%
7 -	معادن طينية	حوالي 4,6%
8 -	الأوليفيـــن	حوالي 3%
9 -	معادن اخرى (اكثـرها انتشاراً الكالســايت والدولومايت والجبس)	حوالي 3%

الخلاصة

تنتشر العناصر بشكل متباين في القشرة الأرضية، وتكون ثمانية عناصر منها أكثر من 98% من القشرة. هي الأوكسجين والسيليكون والألمنيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم.

تتكون القشرة غالباً من معادن، وهذه المعادن لها تركيب كيميائي محدد، قد يتغير ضمن نطاق محدود، كما أن لها صفات فيزيائية مميزة.

للمعادن صفات فيزيائية نستطيع من خلالها تمييز أنواعها مثل الشكل البلوري والبريق واللون والشفافية والمخدش والصلادة والتشقق والكثاف الخ.

قسمت المعادن الى عدة مجموعات حسب تركيبها الكيميائي كالسيليكات والكربونات والكبريتات الخ.

انتشار المعادن كانتشار العناصر متباين جداً. واكثرها انتشاراً هي السيليكات، تركيبها يعتمد على ترتيب رباعي الأوجه السيليكاتي $(SiO_4)^{-4}$ فيها، وتقسم السيليكات حسب تركيبها الى مجموعات. اكثرها انتشاراً الفلدسبار.

وسنتعرض في الفصل التالي الى القوى الداخلية ونظرية الصفائح التكتونية والنشاط البركاني والزلزالي بشكل عام. كما سنتعرض بشكل مختصر جداً للقوى الخارجية والدورة المائية.

أسئلة وتمارين

1 - هل انتشار العناصر في القشرة متجانس؟ اذكر خمسة عناصر انتشارها كبير في القشرة.

2 - عرّف المعدن والبلورة. كيف نستطيع التعرف على التبلور حتى ولو كانت الأوجه البلورية غير موجودة.

3 - ما التشقق؟ اشرح لماذا يوجد تشقق لمعادن ولا يوجد لأخرى؟

4 - ما المخدش؟ وما هي الصلادة؟

5 - ما رباعي الأوجه السيليكاتي؟

6 - ما أكثر المعادن انتشاراً في القشرة؟ اذكر اهم المعادن السيليكاتية ووضح ترتيب رباعي الأوجه السيليكاتي فيها.

الفصل الثالث عشر

ديناميكية الأرض

المقدمة

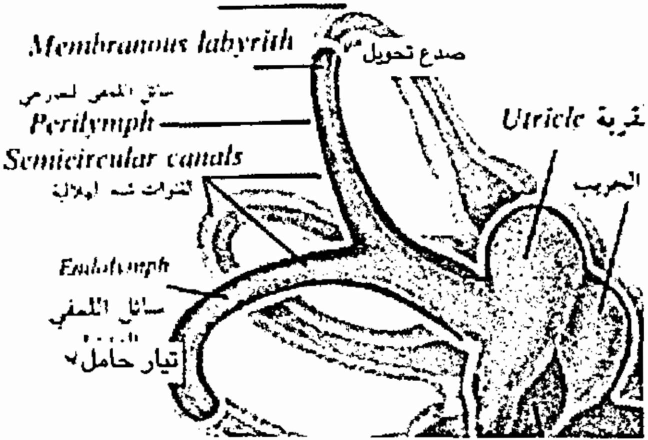
تعد الأرض كوكباً ديناميكياً تؤثر على سطحه باستمرار قوى داخلية وأخرى خارجية، تغيران من تركيبه وشكله ولقد تغير موقع وشكل القارات والمحيطات عبر العصور الجيولوجية حتى وصل إلى ما هو عليه الآن. ولا زال في تغير مستمر.

القوى الداخلية

لا زالت هناك طاقة حرارية هائلة داخل الأرض، فقد كانت الأرض كلها صهير ولم تبرد كلها بعد. كما أن جزءاً كبيراً من الطاقة الحرارية الداخلية يتكون باستمرار نتيجة الانشطار الذري، وقد تلعب تفاعلات كيميائية مختلفة دوراً في إنتاج جزء من هذه الطاقة. هذه الطاقة الحرارية الداخلية تسبب تحريك ورفع أجزاء القشرة الأرضية، وتكون جبالاً وبراكين وتسبب حدوث الزلازل.

تظرية الصفائح التكتونية

تتكون في الوشاح حسب هذه النظرية ونتيجة الإنشطار الذري تيارات حاملة (Convec-tion Currents) تتحرك إلى أعلى حتى تصطدم بالقشرة الأرضية، ثم تتحرك جانباً حتى تبرد وتهبط إلى أسفل مكونة خلايا حرارية (شكل 1 - 13).

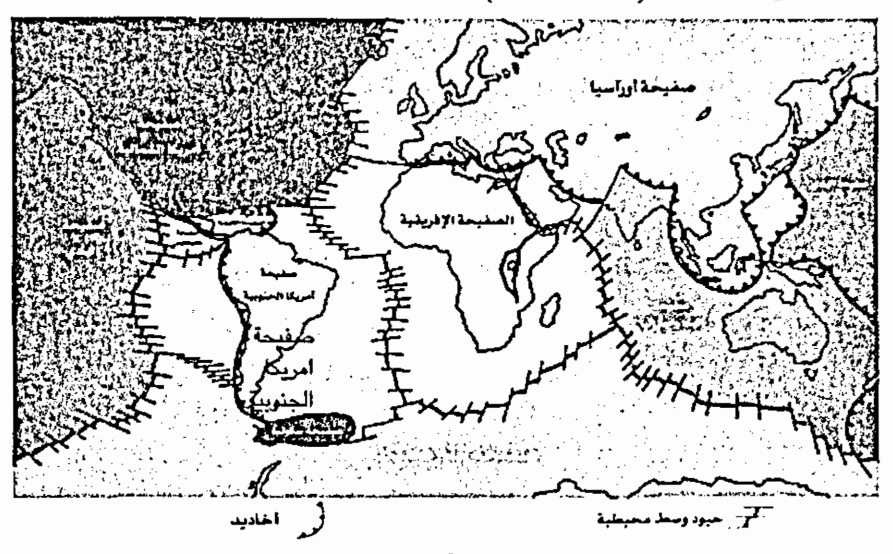


شكل (1 - 13) شكل توضيحي يبين حركة التيارات الحاملة في الوشاح واصطدامها بالقشرة الأرضية ثم حركتها جانباً.

وتسبب حركة التيارات الحاملة إلى أعلى رفع أجزاء القشرة الموجودة فوقها، وتحطمها

تدريجياً مكونة مناطق مرتفعة وممتدة في جميع المحيطات تسمى الحيود الوسط محيطية (Midoceanic ridge) (شكل 1 - 13)، وتسبب حركة التيارات الجانبية بالإضافة إلى قوة الجاذبية تحريك أجزائها جانباً مكونة انهداماً في أعلى الحيود الوسط محيطية يخرج منه الصهير، ويتصلب على جانبيه مكوناً تدريجياً صفيحة محيطية. بما أن مساحة الأرض ثابتة، لذا يقابل تكوين قشرة محيطية في مكان اختفاء قشرة محيطية في مكان آخر. في الأخاديد المحيطية تنزلق قشرة محيطية إلى داخل الوشاح وتنصهر هناك.

القوى الداخلية وحركة التيارات الحاملة أدت الى تقسيم الغلاف الصخري إلى صفائح؛ سبع صفائح كبيرة، وعدد من الصفائح المتوسطة كالصفيحة العربية وصفائح صغيرة كصفيحة فلسطين – سيناء (شكل 2 - 13).



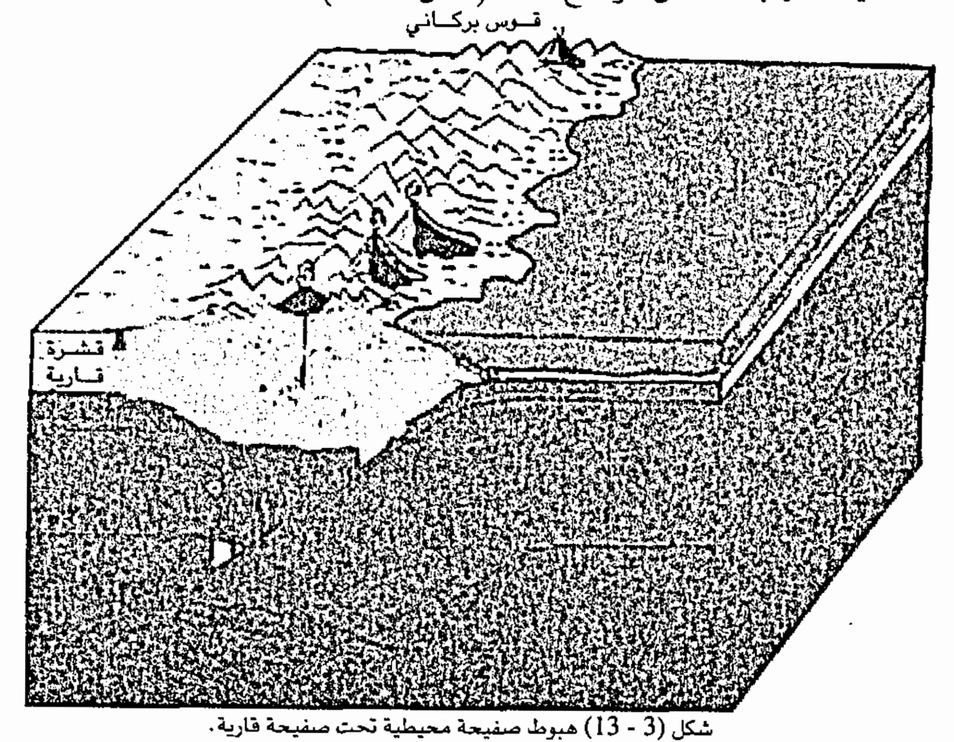
شكل (2 - 13) سطح الأرض مقسم إلى صفائح كبيرة ومتوسطة وصغيرة.

تتحرك الصفائح فوق طبقة لدنة من الوشاح تسمى الأستينوسفير (شكل 3 - 13)، كل صفيحة كوحدة واحدة تؤثر على امتداد حدودها على الصفائح المجاورة. لذا تتركز النشاطات المجماتية والبركانية والزلزالية والحركات المكونة للصدوع والطيات والجبال على امتداد حدود الصفائح. نميز ثلاثة أنواع من الحدود :

1- حدود ابتعاد الصفائح(Divergent boundary) : تتكون على امتدادها الحيود الوسط محيطية الممتدة في جميع المحيطات بطول يبلغ حوالي 84 ألف كم (شكل 2 - 13). تتكون على امتداد هذه الحيود صفائح محيطية كما ذكر سابقاً، أي أن القشرة المحيطية تتجدد باستمرار على امتدادها.

2- حدود اقتراب الصفائح(Convergent boundary) : تقترب الصفائح المختلفة من بعضها البعض مكونة تراكيب وظواهر مميزة حسب نوع الصفائح :

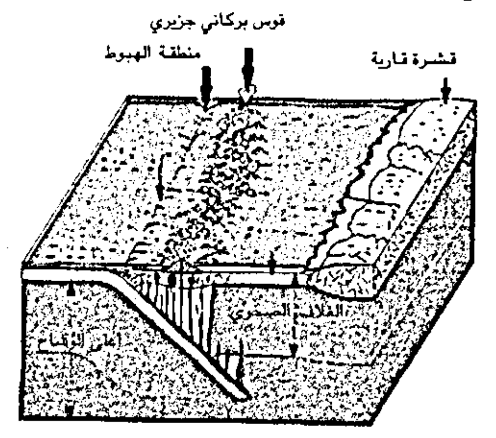
أ- اقتراب صفيحة محيطية (Oceanic trench) من صفيحة قارية. يسبب هذا الاقتراب هبوط الصفيحة المحيطية تحت الصفيحة القارية، لأن الأولى أثقل وأقل سماكة من الثانية ويتكون على امتداد منطقة حدود الصفيحتين أخدود محيطي تتأثر على امتداده الطبقات مكونة جبال طيات. كما تتأثر الصخور على امتداد الصفيحة الهابطة بازدياد درجات الحرارة والضغوط نتيجة الاحتكاك وازدياد العمق، مما يغير باستمرار في صفات الصخور ويحولها تدريجياً ثم يحدث انصهاراً جزئياً لهذه الصخور الهابطة، وصعود الصهير في الشقوق، وتجمعها في القشرة القارية على شكل أجسام كبيرة وصغيرة، أو خروجها على شكل براكين، مكونة أقواساً بركانية في منطقة من القشرة القارية موازية للأخدود وقريبة منه. مع استمرار الهبوط تنصهر الصفيحة الهابطة داخل الوشاح تماماً (شكل 3 - 13).



شكل (3 - 13) هبوط صفيحة محيطية تحت صفيحة قارية.

ب- اقتراب صفيحة محيطية من أخرى محيطية. هذا يسبب هبوط إحداهما تحت الأخرى وتكوين أخدود محيطي كما في أ، ثم انصهار جزئي للصفيحة الهابطة وتكوين

أقواس جزيرية بركانية في الصفيحة الراكبة على امتداد الأخدود، مع استمرار الهبوط داخل الوشاح تنصهر تماماً (شكل 4 - 13).



شكل (4 - 13) هبوط صفيحة محيطية تحت أخرى محيطية.

جـ- اقتراب صفيحة قارية من أخرى قارية. هذا يسبب اصطدامها وتكوين جبال طيات على امتداد منطقة الاصطدام، كما حدث على امتداد اصطدام الصفيحة العربية مع الصفيحة التركية مكونة جبال طوروس، وكما حدث على امتداد اصطدام الصفيحة الهندواسترالية مع الصفيحة الأورآسيوية حيث تكونت جبال الهيمالايا.

3- حدود محايدة على امتداد صدوع التحويل(Transform Faults) : هنا لا تتكون ولا تختفي صفائح على امتداد صدوع التحويل التي تصل بين حدود اقتراب وحدود ابتعاد، بل تنزلق الصفائح بجانب بعضها البعض. كما حدث ويحدث على امتداد الانهدام خليج العقبة – وادي عرب – الغور – الغاب، الذي يصل بين البحر الأحمر الذي يكون بداية محيط تبتعد فيه الصفيحة العربية عن الصفيحة الإفريقية (حدود ابتعاد) وبين حدود اقتراب الصفية العربية من الصفيحة التركية. على امتداد هذا الصدع تتحرك الصفيحة العربية إلى الشمال بالنسبة لصفيحة فلسطين – سيناء.

البراكين والنشاط الماجماتي

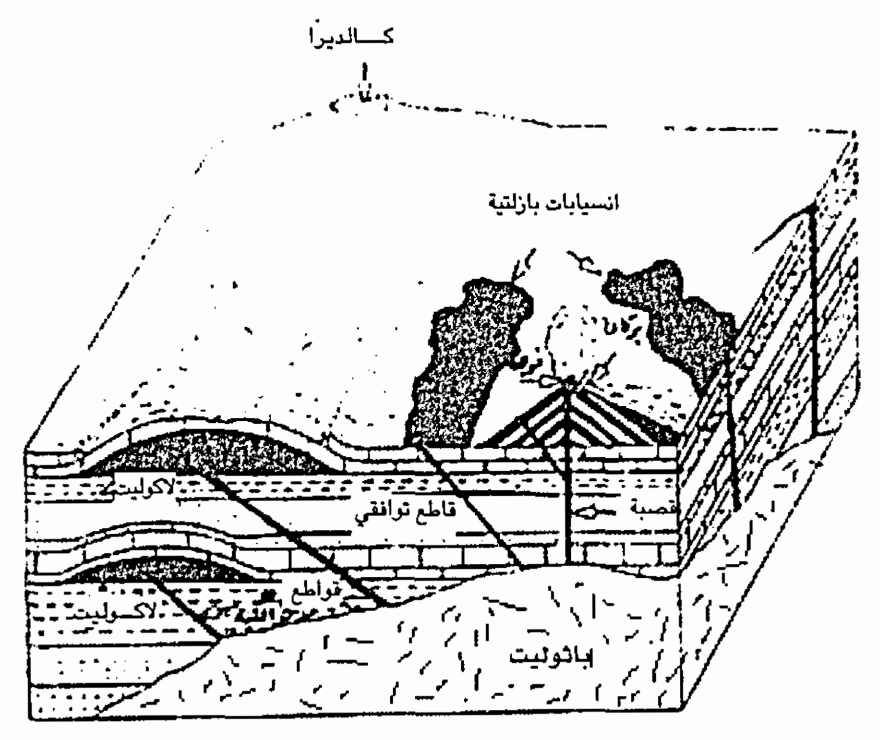
كانت الأرض صهير ولم يبرد إلا سطحها حتى الآن، لذلك تزداد درجات الحرارة مع العمق؛ درجة مئوية واحدة كل 30 م تقريباً بشكل عام، هذا ما نسميه التدرج الحراري (Thermal gradient) مع العمق. لذلك فإن الدرجات الحرارية في الوشاح عالية جداً، لكن للوشاح صفة الصلابة بسبب الضغوط الكبيرة جداً. توزيع الحرارة داخل الوشاح ليس متجانساً، نتيجة الانشطار الذري كما يعتقد، مما يسبب تكوين تيارات حاملة ترتفع وتسبب

حسب نظرية الصفائح التكتونية تحطيم الغلاف وخروج الماجما على امتداد الحيود الوسط محيطية مكونة الصفائح المحيطية، كما أن هناك نشاطاً بركانياً كبيراً على امتداد حدود اقتراب الصفائح حيث تنصهر الصفائح الهابطة، ويصعد الصهير، ويتداخل في القشرة مكوناً أجساماً ماجماتية ذات أحجام متباينة (شكل 5 - 13) تسمى باتوليت، أو تتجمع بالقرب من السطح بين الطبقات، وترفعها إلى أعلى ويكون لها شكل عدسي نسميها لاكوليت. وقد تدخل الماجما بين الطبقات كأجسام طبقية نسميها قواطع توافقية أو سيل. ويمكن أن تصعد الماجما في شقوق تقطع الصخور بشكل عمودي أو مائل تسمى قواطع لاتوافقية. وعندما يصل الصهير إلى السطح ينساب على شكل لابا من الشقوق أو من فوهات البراكين أو يخرج على شكل انفجارات بركانية. هذا يتعلق بدرجة حرارته كلما كانت أكبر كانت درجة انسيابه أكبر، وبتركيبه الكيميائي خصوصاً احتوائه على السيليكا (SiO_2) ، كلما كانت أكبر كلما كانت درجة لزوجته أكبر وانسيابه أقل، كذلك يتعلق بنسبة الغازات فيه، كلما كانت أكبركلما كانت درجة انسيابه وحركته أكبر. في حالة خروج اللابا من فوهات بركانية تتكون حول الفوهات جبال بركانية.نميز حسب طبيعة اللابا ثلاثة أنواع من البراكين :

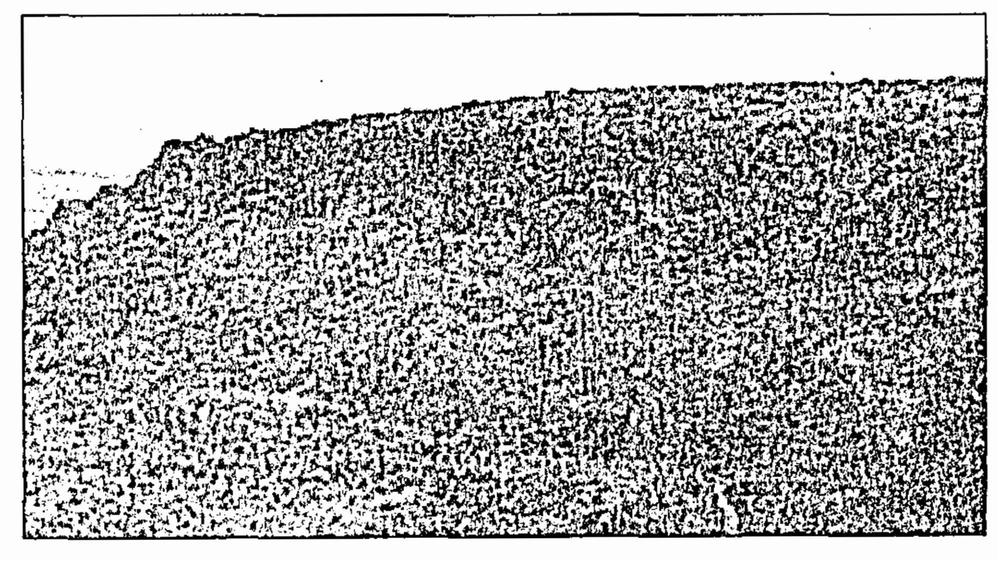
1- براكين درعية (Shield volcanoes) : تتكون غالباً من انسيابات هادئة. هذه البراكين قليلة الانحدار (بضعة درجات إلى 15°) كبراكين جزر هاواي.

2- براكين سندرية(Cinder volcanoes) : انحدارها كبير، تتكون غالباً من حطام بركاني نتيجة انفجارات بركانية، كالبراكين الأردنية.

3- براكين متطبقة(Strato - volcanoes) : تتكون نتيجة تتابعات من الانسيابات الهادئة والانفجارات. مما يكون تتابعات من اللابا وأخرى من الحطام البركاني، كبركان فيزوف في إيطاليا، ويظهر أن بركان شيحان في الأردن من هذا النوع، كما تبين التكشفات على الكتف الجنوبي من وادي الموجب (شكل 6 - 13).



شكل (5 -13) تراكيب صخور نارية بلوتونية وبركانية



شكل (6 - 13) تتابعات من حطام وانسيابات بازلتية. يقطع الانسياب في أعلى التكشف شقوق تبريد عمودية. وداي الموجب.

الزلازل والنشاط الزلزالي

من المؤشرات الواضحة على تواجد القوى الداخلية للأرض حدوث الزلازل. الزلازل هي هزات أرضية ناتجة غالباً عن تحرر سريع لطاقة كانت مخزونة في الصخور. هذه الطاقة تسبب عند تحررها انكسار الصخور وتحريكها السريع على امتداد صدوع، وتكوين هزات تخترق الأرض في جميع الاتجاهات.

الانفجارات البركانية والذرية تحدث زلازل لكنها غالباً ضعيفة. معظم الزلازل تتكون نتيجة حدوث صدوع.

النقطة التي يحدث عندها الانكسار أو الانزلاق تسمى البؤرة، والنقطة فوقها مباشرة المركز السطحي.

يمكن تشبيه ما يحدث داخل الأرض بما يحدث عندما نؤثر بقوة اليدين على عصا؛ تتخزن فيها الطاقة، وتنحني تدريجياً حتى الحد المرن ثم تتكسر، ويهتز طرفاها عند الكسر مرسلة أمواجاً صوتية.

الأمواج الزلزالية

يوجد ثلاثة أنواع من الأمواج الزلزالية :

1- أمواج أولية «أ» (Primary "P" waves). هذه الأمواج تخترق الأجسام الصلبة كالصخور وتخترق السوائل كالماجما ومياه المحيطات، وعندما تخرج إلى السطح تنتقل في الهواء ويمكن أن يسمع صوتها.

إنها تشبه الأمواج الصوتية، ذبذبتها باتجاه انتقالها. هي أكبر الأمواج سرعة وتصل محطات الرصد أولاً، لذلك سميت أولية.

2- أمواج ثانوية «ث» (Secondary "S" waves). إنها كالأمواج الأولية، أمواج جسمية، إلا أنها أمواج قص، لذلك تخترق الأجسام الصلبة فقط، ولا تنتشر في السوائل. إنها أقل سرعة من الأمواج الأولية، واتجاه اهتزازها عمودي على اتجاه انتقالها، وتصل محطات الرصد ثانياً بعد الامواج الرئيسية، لذلك سميت ثانوية.

تسبب تحريك الأرض عمودياً على اتجاه حركتها، لذلك لها تأثير كبير في تدمير الأبنية والمنشآت الأخرى.

3- أمواج سطحية «س» (Surface waves). تسمى كذلك لأنها تنتشر بالقرب من سطح

الأرض. سرعتها بشكل عام أقل من سرعة الأمواج الأولية والثانوية. لها، خصوصاً لأمواج لاف التي يكون اهتزازها عمودياً على اتجاه انتقالها ومواز لسطح الأرض، تأثير تدميري.

الإنتشار الجغرافي والتكتوني للزلازل

تسجل محطات رصد الزلازل المنتشرة في العالم سنوياً مئات الآلاف من الزلازل، معظمها ضعيفة. لقد لوحظ أن أكثر هذه الزلازل تتركز في حزام حول المحيط الهادي. وهناك حزام آخر ممتد عبر الجبال الحديثة المحيطة بالبحر الأبيض المتوسط من جبال الأطلس حتى جبال الهيمالايا. كما أن هناك نشاطاً زلزالياً على امتداد الانهدام الممتد من جنوب شرق أفريقيا وخليج عدن عبر البحر الأحمر وخليج العقبة ووادي عربة وغور الأردن حتى شمال سوريا. ويوجد نشاط على إمتداد الحيود الوسط محيطية، وامتداد فوالق التحويل بين أجزاء الحيود المحيطية.

نلاحظ مما سبق أن بؤر أكبر عدد من الزلازل يتركز على إمتداد حدود الصفائح التكتونية، خصوصاً حدود الإقتراب والإنزلاق كما وتحدث زلازل داخل الصفائح ولكنها قليلة وضحلة.

هناك تفاوت بين أعماق البؤر الزلزالية؛ فهي تحدث بالقرب من سطح الأرض وحتى أعماق حوالي 700 كم.

نسمي الزلازل التي عمق بؤرها ضمن ال 70 كم العليا من الغلاف الصخري زلازل ضحلة، وإذا كان عمق بؤرها 70 - 330 كم متوسطة، ومن 330-770 كم عميقة.

العمق البؤري يتعلق بالتركيب التكتوني للمنطقة. على امتداد الحدود الوسط المحيطية تتكون صدوع وانفجارات بركانية في إنهدام القمة، تسبب حدوث زلازل ضحلة. كذلك الزلازل التي تحدث على إمتداد فوالق التحويل ضحلة.

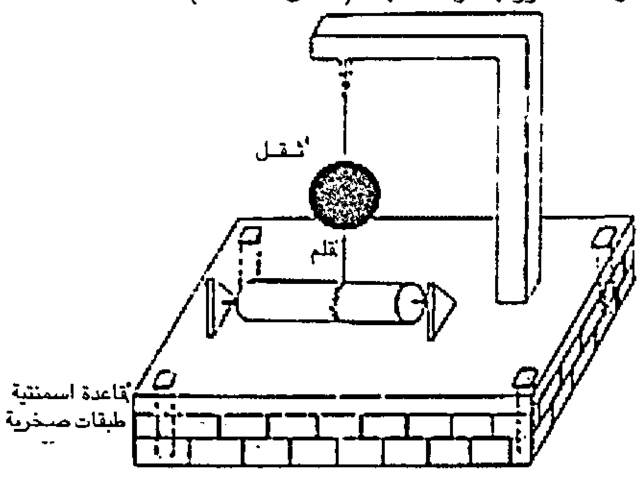
أكثر الزلازل وأقواها تحدث على إمتداد انزلاق الصفائح تحت بعضها البعض. على إمتداد هذه الحدود بالقرب من الأخاديد المحيطية تحدث الزلازل الضحلة، ثم على امتداد مستوى مائل بزاوية 45° أو أكثر باتجاه الجزء المنزلق من الصفيحة الهابطة تحت الصفيحة العليا، تحدث زلازل متوسطة وعميقة حتى عمق حوالي 770 كم.

تسجيلات الزلازل

يمكن قياس شدة الزلازل بالنسبة لمدى شعور الإنسان بها، ولمدى الدمار الذي تحدثه على المنشآت.

كما قد اخترعت أجهزة لتسجيل الزلازل تسمى السايسموغرافات.

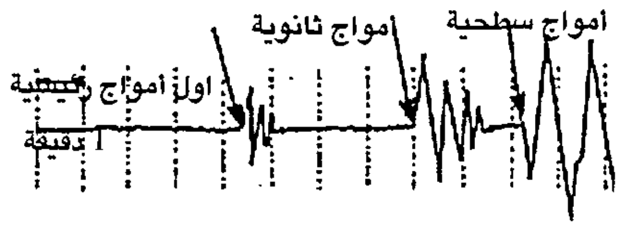
يتكون السايسموغراف من ثقل معلق على ذراع مثبت بالأساس الصخري بواسطة قاعدة اسمنتية. تنتقل الحركة بواسطة الذراع إلى قلم مثبت على الثقل ويتحرك فوق شريط ورقي على اسطوانة، تدور بسرعة ثابتة (شكل 7 - 13).



شكل (7 - 13) سايسموغراف

تتكون محطة الرصد الزلزالي عادة من ثلاثة سايسموغرافات، واحد يسجل الهزة العمودية، والإثنان الآخران يسجلان هزات أفقية بإتجاهين متعامدين.

نسمي تسجيل أي هزة بواسطة السايسموغراف «سايسموغرام» (شكل 8- 13)



شكل (8 - 13) سايسموغرام يبين وصول الأمواج الأولية ثم الثانوية فالسطحية.

من السايسموغرامات نستطيع تحديد قوة الزلزال. لقد وضع ريكتر (Richter) 1935، مقياساً على أساس سعة الموجة (Amplitude) الزلزالية.

مقياس ريكتر هذا من 1 إلى 10 درجات، مبني على أساس لوغارتمي. هذا يعني أن الفرق بين كل درجة والتي قبلها يعادل زيادة عشرة اضعاف في سعة الموجة وفي نفس الوقت زيادة حوالي 32 ضعفاً للطاقة التي تطلق في البؤرة، فمثلاً سعة أكبر موجة سطحية لزلزال شدته 6 درجات تعادل عشرة أضعاف سعة أكبر موجة سطحية لزلزال شدته 5 درجات حسب مقياس ريكتر، والطاقة التي أطلقت في الزلزال الأول تعادل 32 ضعف الطاقة التي اطلقت في الثاني.

جدول (1 - 13) تبين مقياس ريكتر للزلازل وتوقعات حدوثها.

القوة حسب مقياس ريكتر	التاثير	المعدل السنوي
أقل من 2.5	يشعر بها قلائل	100.000<
5.4- 2.5	يشعر بها الكثيرون، دمار خفيف.	35.000
6.1 - 5.5	دمار خفيف للأبنية	3.500
6.9 - 6.2	يحدث دمار في ابنية كثيرة	450
7.9 - 7	دمار كبير، تتهدم الأبنية	100
8 وأكثر	دمار ساحق، دمار لكل المنشآت الإنسانية، كارثة	1 كل بضع سنوات

الحركات التكتونية

توثرالقوى الداخلية باستمرار على القشرة الأرضية، تحرك صفائحها وتحدث فيها تشويهات مختلفة.

وهذا الاجهاد الذي يحدث له علاقة بنوع واتجاه ومقدار القوى المؤثرة، فهي قد تكون قوى ضغط أو سحب أو قص، وقد تكون كبيرة أو صغيرة.

تتكون حسب القوى المؤثرة التشويهات التالية :

1- شقوق أو مفاصل : وهي عبارة عن انكسارات في الصخور لا يحدث على امتدادها حركات. وتتكون عادة كأنظمة ذات اتجاهات محددة (شكل 9 - 13).



شكل (9 - 13) نظامان من الشقوق ، اتجاهاتها متعامدة تقريباً.

2- صدوع : وهي انكسارات حدثت على امتدادها حركات. أكثر أنواعها انتشاراً صدوع عادية تتكون نتيجة تأثير قوى سحب، وصدوع عكسية تتكون نتيجة تأثير قوى ضغط، وصدوع جانبية تتكون تأثير قوى قص.

3- طيات : تتكون نتيجة تأثير قوى ضغط كبيرة، وهي إما أن تكون متماثلة أو مائلة أو مقلوبة أو مضطجعة أو غاطسة.

القوى الخارجية

تقابل هذه القوى الداخلية قوى خارجية مصدرها بشكل رئيسي الطاقة الشمسية التي تبخر المياه من المحيطات والبحار، فتسقط الأمطار والثلوج، وتجري الأنهار والأنهار الجليدية. كما تسبب الطاقة الشمسية نتيجة تباين تأثيرها على سطح الأرض حركة الرياح التي توزع الطاقة والرطوبة في الغلاف الجوي، وتلعب أهم دور في تكوين المناخات المختلفة على الأرض، كما أنها تحرك الأمواج في البحار، ولنفس السبب تسبب الطاقة الشمسية حركة التيارات البحرية.

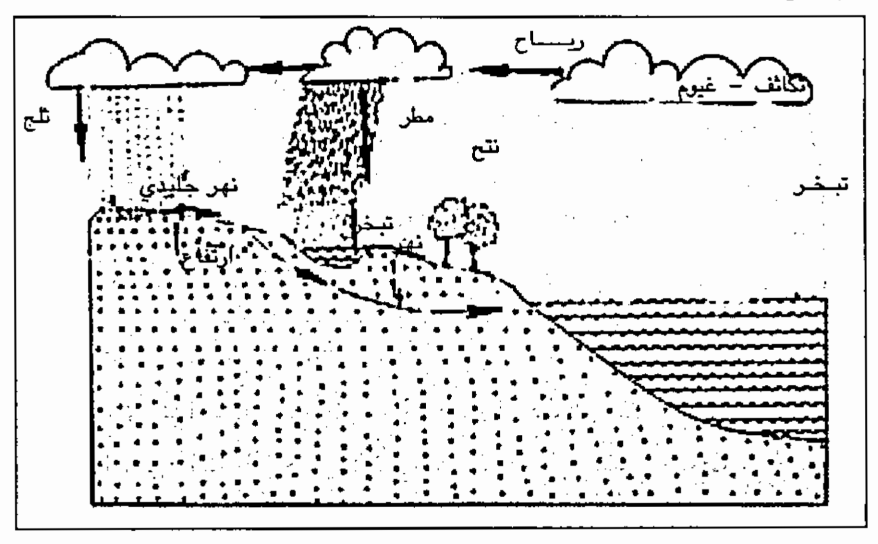
عوامل القوى الخارجية هذه من طاقة شمسية وما تسببه من حركة مياه ورياح وجليد تسبب مع قوة الجاذبية الأرضية تعرية وجرف الجبال التي رفعتها القوى الداخلية.

القوى الداخلية والخارجية تؤثران باستمرار وبشكل ديناميكي باتجاه توازن الجزء الخارجي من الكرة الأرضية.

الدورة المائية.

تبخر الطاقة الشمسية المياه لتصبح جزءاً من الغلاف الجوي، وعندما يبرد البخار يتكثف على شكل سحب، وتسقط الامطار والثلوج. وتجري المياه على اليابسة وفي الأنهار والمجالد باتجاه المحيطات حاملة معها حطام صخري ومواد ذائبة، وتجري المياه داخل الأرض على شكل مياه جوفية كذلك باتجاه المحيطات، حيث تتجمع مرة ثانية فتكون الدورة المائية قد اكتملت (شكل 10 - 13). خلال جريان المياه على اليابسة يتبخر جزء منها. كما أن الأشجار تأخذ جزءاً من المياه الجوفية وتخرج جزءاً كبيراً منه على شكل نتح إلى الغلاف الجوي. وتكون بشكل عام كمية التساقط = كمية المياه الجارية + الارتشاح + النتح + التبخر. تسمى هذه المعادلة «المعادلة المائية العامة».

تربط دورة المياه العوامل الجيولوجية المختلفة من تجوية وتحات وتعرية وترسيب الخ مع بعضها البعض.



شكل (10 - 13) دورة المياه

الخلاصة

الأرض كوكب ديناميكي تؤثر على سطحه باستمرار قوى داخلية وأخرى خارجية.

تتكون القوى الداخلية وهي طاقة حرارية بشكل رئيسي نتيجة انشطار نووي يسبب تكون تيارات حاملة، تحطم القشرة إلى صفائح، وتسبب رفع القشرة على امتداد الحيود الوسط محيطية وخروج الصهير وتكوين صفائح محيطية جديدة واختفاء أخرى في الوشاح حيث تنصهر.

وتسبب حركة الصفائح نشاط بركاني ومجماتي وزلزالي على امتداد حدودها. الماجما تخرج من الوشاح وتتخلل القشرة حيث يبقى جزء منها على شكل باتوليث ولاكوليث، وينساب جزء من شقوق أو فوهات على السطح بهدوء أو يخرج على شكل انفجارات بركانية.

وهناك ثلاثة أنواع من البراكين : براكين درعية وبراكين متطبقة، وبراكين سندرية.

أما الزلازل فهي هزات أرضية تحدث نتيجة حركات أرضية، تصبح فيها طاقة كانت مخزونة حرة، وتنتشر على شكل أمواج جسمية داخل الأرض، أولية طولية وثانوية عرضية، أو على السطح على شكل أمواج سطحية.

وتقاس الزلازل بالسايموغرافات وقد وضع ريكتر على أساس تسجيلاتها مقياسه المعروف.

وسنناقش في الفصل التالي التركيب الصخري للقشرة وأنواع الصخور النارية، والمتحولة والرسوبية؛ تكونها، وأنواعها، وتركيبها، وعناصرها.

أسئلة وتمارين

1- كيف تتكون الطاقة داخل الأرض؟ وكيف تؤثر على القشرة؟

2- ما الحيود الوسط محيطية؟ وما هي الأخاديد وكيف تتكون؟

3- كيف تتكون الزلازل؟ وكيف تنتقل الطاقة الزلزالية؟

4- لماذا تحدث الزلازل في مناطق أكثر من أخرى؟

5- ما البؤرة الزلزالية؟ وما هو المركز السطحي للزلازل؟

6- اشرح أنواع البراكين، هل يوجد براكين هامدة في الأردن؟ ومن أي نوع هي؟ هل توزيع البراكين النشطة حالياً متجانساً أو لا ؟ ولماذا؟

7- ارسم شكلاً يوضح الدورة المائية.

الفصل الرابع عشر

التركيب الصخري للقشرة الأرضية

الصخور النارية

الصخرة هي أي كتلة تتكون بطريقة طبيعية من مادة لا عضوية أو عضوية وتكون جزءاً من القشرة الأرضية. لكن معظم الصخور تتكون من معادن، أي مواد غير عضوية، غالباً من عدة معادن وقد تتكون من معدن واحد.

أول من صنف الصخور تصنيفاً علمياً وعملياً هو ابن سينا، حيث قسمها إلى ثلاث مجموعات :

1- صخور قابلة للانصهار.

أ) ترابية.

ب) فلزية.

2- صخور قابلة للذوبان في الماء.

3- صخور قابلة للاحتراق.

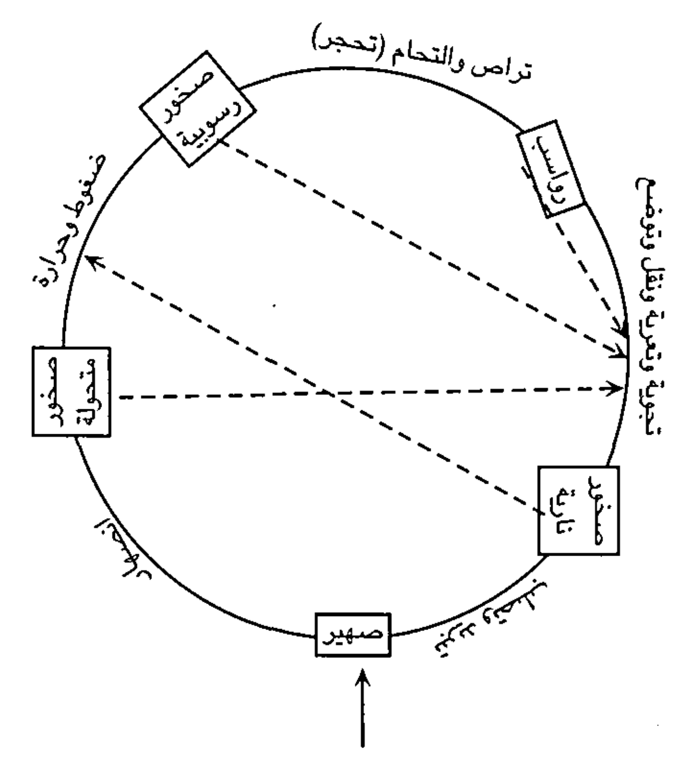
وتقسم في الوقت الحاضر الصخور حسب طرق تكونها إلى ثلاثة أقسام : الصخور النارية (Igneous rocks)، والصخور الرسوبية (Sedimentary rocks)، والصخور المتحولة (Metamorphic rocks).

يخرج الصهير من الوشاح إلى داخل القشرة على شكل ماجما (Magma) أو ينساب على سطحها كلابا (Lava)، فيبرد ويتصلب وتتكون منه الصخور النارية (Igneous Rocks).

تتعرض الصخور النارية التي تتكون من اللابا على السطح لعوامل التجوية، وكذلك الصخور النارية الباطنية التي تتكون من الماجما عندما ترفعها القوى الداخلية إلى أعلى، وتعري القوى الخارجية ما يغطيها من صخور. فيتكون منها حطام صخري ومواد ذائبة، تنقلها المياه والرياح والجليد، وتترسب مكونة رواسب مختلفة، تؤثر عليها عوامل التحجر بالقرب من سطح الأرض تحت ضغوط ودرجات حرارة منخفضين، فيتكون منها صخور رسوبية (Sedimentary rocks).

إذا انخفضت أجزاء من القشرة ودفنت الصخور الرسوبية والنارية داخلها، وأثرت عليها داخل الأرض درجات حرارة وضغوط عالية، فإنها تتحول وتصبح صخور متحولة (Meta-morphic Rocks).

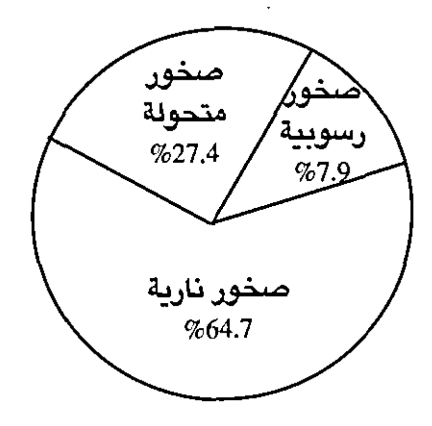
إذا أثرت على الرواسب وعلى جميع أنواع الصخور عوامل التجوية والتعرية، يتكون منها رواسب. وإذا أثرت عى أنواع الصخور الثلاثة النارية والرسوبية والمتحولة درجات حرارة عالية جداً، فإنها تنصهر وتبدأ بذلك الدورة الصخرية من جديد (شكل 1-14).



شكل (1-14) دورة الصخور.

الصخور النارية (Igneous Rocks)

الصخور النارية أكثر الصخور انتشاراً في القشرة الأرضية (شكل 2 - 14)، حيث تكون حوالي 65% منها. وهي الصخور التي تتصلب من الصهير (Magma)، اما داخل الارض حيث تتصلب ببطء، واما على السطح حيث تتصلب بسرعة، ويختلف نسيجها (Texture) في الحالتين. لذلك فإن تصنيف الصخور النارية المختلفة يعتمد على تركيبها المعدني (Mineral composition) وعلى نسيجها (Texture).



شكل (2 - 14) توزيع الصخور في القشرة حسب رونوف ويروشيفسكي (1969).

تركيب الصخور النارية

يعكس التركيب المعدني للصخور النارية التركيب الكيميائي للصهير، والذي يتكون من سيليكات منصهرة وماء وغازات. أهم العناصر التي يتكون منها الصهير هي السيليكون والأكسجين والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والالمنيوم والحديد. الى جانب كمية قليلة من عدد كبير من العناصر الأخرى والغازات مثل H_2O, SO_2, CO_2. عندما يتصلب الصهير، تكون هذه العناصر معادن سيليكاتية، أهمها الفلدسبار (Feldspar) والكوارتز (Quartz) والمايكا (Mica). وهذه المعادن تكون أكثر من 95% من حجم الصخور النارية.

اذا كان الصهير يحتوي حديد ومغنيسيوم وكالسيوم يسمى صهير مافي (Maf-ic Magma). ويتكون من هذا الصهير معادن غامقة اللون غالباً، مثل الاولفين. والبايروكسين والامفبول والبيوتايت وبلاجيوكليس الكالسيوم.

والصهير الغني بالسيليكا والالمنيوم يسمى صهير سيالي (Sialic Magma) ويتكون منه معادن مثل الكوارتز وفلدسبار والبوتاسيوم والصوديوم، وهي فاتحة اللون.

من المعايير المهمة جداً في تحديد أنواع الصخور النارية والتي تتعلق بالتركيب المعدني هي:

1- وجود أو عدم وجود الكوارتز.

2- أنواع الفلدسبار الموجودة.

3- نسبة المعادن المافية الغامقة، أي معادن الحديد ومغنيسية (Ferromagnesia).

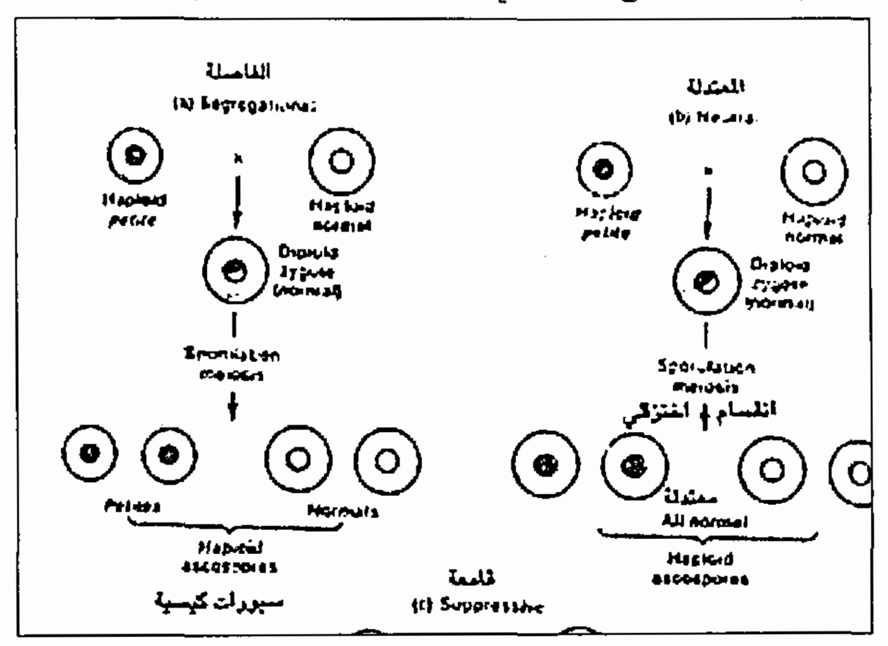
النسيج (Texture)

هو حجم وشكل وترتيب الحبيبات المعدنية في الصخور. من أهم العوامل التي تؤثر على نسيج الصخور النارية هي معدل انخفاض درجة حرارة الصهير، أي سرعة التصلب، كذلك تركيبه الكيميائي وكيفية خروج الغازات منه.

وحسب هذه العوامل تتكون انواع مختلفة من الانسجة أهمها :

1- نسيج خشن الحبيبات (Coarse - grained texture)

يتكون هذا النسيج اذا برد الصهير ببطء داخل الارض حيث تنمو البلورات مكونة حبيبات كبيرة نسبياً، ترى بالعين المجردة، وتكون متشابكة. ويسمى هذا النسيج كذلك نسيج فانيريتي (Phaneritic texture). قد يتكون نسيج خشن جداً، تكون فيه الحبيبات اكبر من 2 سم، فنسميه نسيج بيجماتيتي (Pegamtitic texture)، (شكل 3 - 14).



شكل (3-14) صخور باطنية جرانيتية لها نسيج بيجماتيتي، حجم بلورات الاورثوكليس يصل إلى اكثر من 2 سم

2- نسيج دقيق الحبيبات (Fine - grained texture)

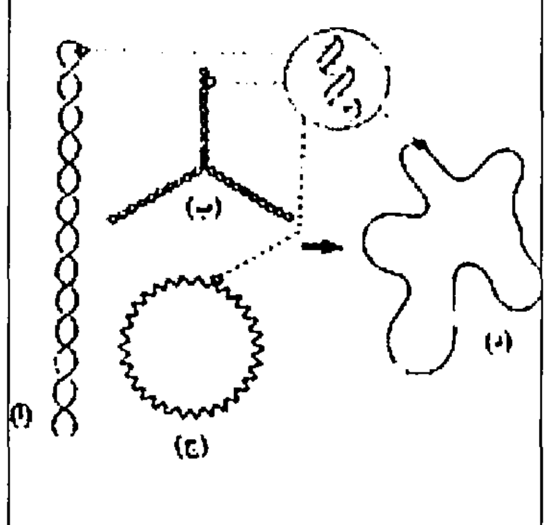
يتكون عندما يكون معدل تبريد الصهير سريعاً نسبياً، وذلك عندما يخرج الصهير الى السطح. ولا ترى المعادن بالعين المجردة ويسمى كذلك نسيج افانيتي (Aphanitic texture) (شكل 4 - 14).



شكل (4 - 14) قطعة صخرية بركانية بازلتية لها نسيج افانيتي دقيق الحبيبات.

3- نسيج بورفيري (Porphyritic texture)

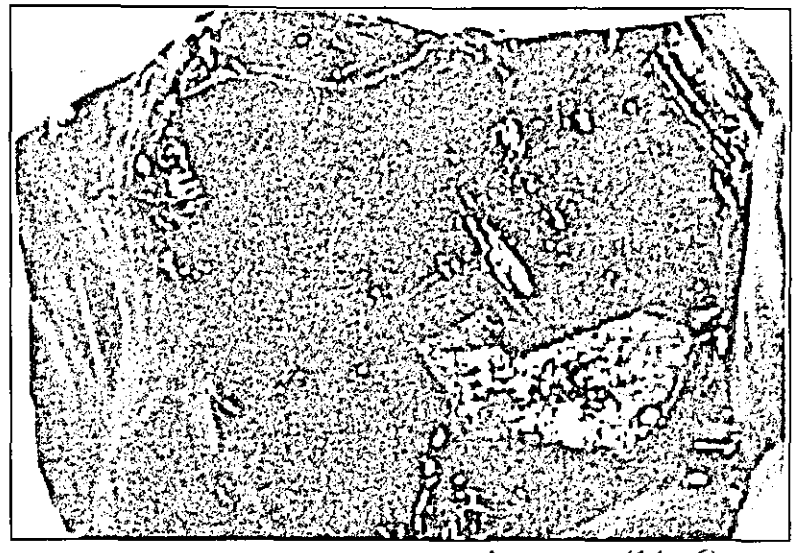
يتكون عند بدء التبريد داخل الأرض، وخروج الصهير الى السطح قبل ان يتصلب كلياً، فانه في الفترة الأولى وهو داخل الأرض يبرد ببطء، فتنمو بلورات المعادن التي تتبلور اولاً، وتصبح كبيرة الحجم، نسميها فينوكرستات (Phynocrysts). وفي الفترة الثانية عندما يخرج الصهير الى السطح، يصبح معدل التبريد سريعاً، وفترة التبلور قصيرة، والمعادن المتكونة دقيقة. وهذا النسيج إما أن يكون بورفيري – فانريتي (Porphyritic - Phanerit-ic) اذا كانت البلورات الصغيرة، التي تحيط بالبلورات الكبيرة، ترى كذلك بالعين المجردة، واما أن يكون بورفيري – افانيتي (Por-phyritic - aphanitic) تكون فيه البلورات التي تحيط بالفينوكرستات صغيرة، لا ترى بالعين المجردة (شكل 5 - 14).



شكل (5 - 14) قطعة صخرية نارية لها نسيج بيرفيري.
بلورات البلاجيوكليس كبيرة بالنسبة لمحيطها المكون من بلورات صغيرة، منطقة غور الصافي.

4- نسيج زجاجي (Glassy texture)

يتكون اذا برد الصهير بسرعة كبيرة، وتصلب قبل أن يتبلور (شكل 6 - 14). يحدث هذا مثلاً اذا انساب الصهير وصب في بحيرة أو بحر، او إذا خرج الى قاع بحر.



شكل (6 - 14) قطعة من الأوبسيديلن وهو صخر بركاني زجاجي النسيج.

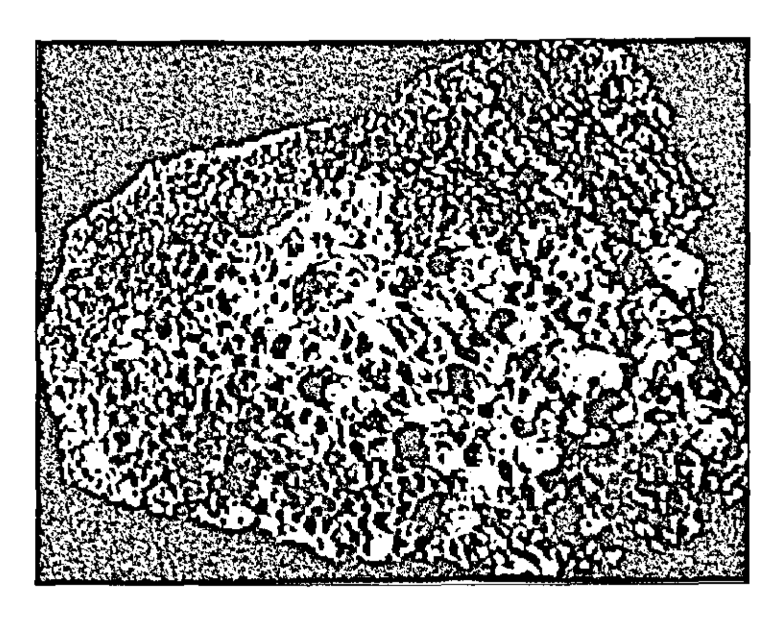
5- نسيج حطامي (Fragmental texture)

يتكون من حبيبات حطامية حادة الحواف. يميز بعض الصخور البركانية التي تتكون حبيباتها من حطام زجاج وبلورات وصخر نتيجة الانفجارات البركانية.

6- نسيج فقاعي (Visicular texture)

يتكون عند خروج غازات من الصهير، وتخللها للجزء العلوي من الصهير، الذي برد واصبح لزجاً. مما يجعل الغازات جزئياً أو كلياً تبقى في هذا الجزء اللزج مكونة فقاعات (شكل 7 - 14).

يمكن أن تترسب في هذه الفقاعات وتملؤها جزئياً أو كلياً معادن ثانوية مثل الكالسايت ($CaCO_3$)، فيسمى هذا النسيج نسيج لوزي (Amygdaloidal texture) .



شكل (7 - 14) قطعة صخرية بركانية تبين النسيج الفقاعي اللوزي.

تصنيف الصخور النارية

تصنف الصخور النارية - كما ذكر سابقاً - حسب نسيجها وتركيبها المعدني إلى عائلات صخرية أهمها وأكثرها انتشاراً عائلة الجرانيت - الريولايت وعائلة الدايورايت - الاندزايت وعائلة الجابرو - البازلت وعائلة البيريدوتايت (جدول 1 - 14).

عائلة الجرانيت - ريولايت (Granite - Rhyolite)

الصخور التابعة لهذه المجموعة تحوي كوارتز ونسبة عالية من السيليكا، وهي صخور حامضية فاتحة اللون. تركيبها المعدني كما يلي :

Quartz	%40 -10	كوارتز
K - Feldspar	%60 - 30	فلدسبار بوتاسي
Plagioclase	%33 - 0	بلا جيوكليس
Ferromagnesia silicate	%33 - 10	سيليكات حديدومغنيسية

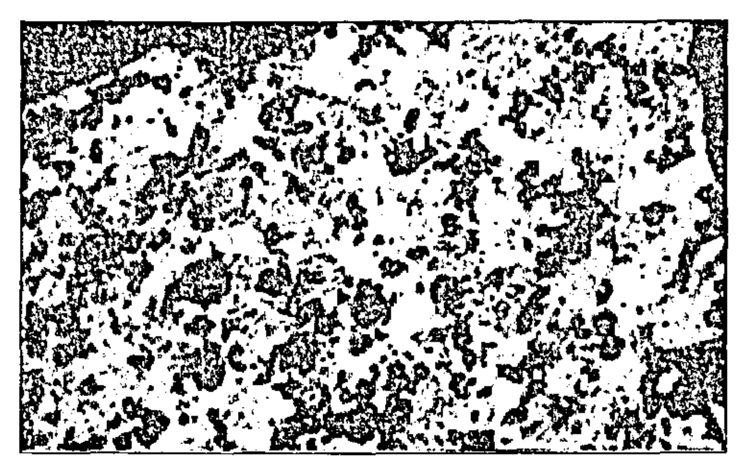
جدول (1 - 14) تصنيف الصخور النارية حسب تركيبها المعدني ونسيجها.

التركيب المعدني / النسيج (Texture)	حامضية	متوسطة	قاعدية	فوق قاعدية
	كوارتز (10 - 40%) معادن حديدومغنيسية (10%) الفلدسبار البوتاسي (30 - 60%) البلاجيوكليس (0 - 33%)	لا يوجد كوارتز معادن حديدومغنيسية (25 - 40%) البلاجيوكليس (50 - 70%) قليل من الفلدسبار البوتاسي	لا يوجد كوارتز معادن حديدومغنيسية (25 - 50%) بلاجيوكليس (45 - 70%)	معادن حديدومغنسية (100%)
خشن الحبيبات جداً (V. Coarse Grained)	بيجماتايت (Pegmatite)	-	-	-
خشن الحبيبات (Coarse grained)	جرانيت (Granite)	دايورايت (Diorite)	جابرو (Gabbro)	بيريدوتايت (Peridotite)
دقيق الحبيبات (Fine grained)	ريولايت (Rhyolite)	اندزايت (Andesite)	بازلت (Basalt)	-
زجاجي (Glassy)	اوبسيديان (Obsidian)	-	-	-
فقاعي (Vesicular)	بيوميس (Pumice)	-	سكوريا (Scoria)	-
بركاني حطامي (Fragmental)	تاف (Tuff)	-	-	-
	بريشيا (Breccia)			

المعادن التي تتكون اولاً كثيراً ما تكون محاطة باوجه بلورية مثل البيوتايت والامفيبول والبلاجيوكليس.

اما معادن الكوارتز والاورثوكليس التي تتكون تاليا فلا تكون الا نادرا محاطة جزئياً بأوجه بلورية.

قد تكون بعض المعادن مثل الأورثوكليس كبيرة بالنسبة للمعادن الاخرى. اذا كانت نسبة هذه المعادن كبيرة نسمي الجرانيت، جرانيت بورفيري (Porphyritic Granite).

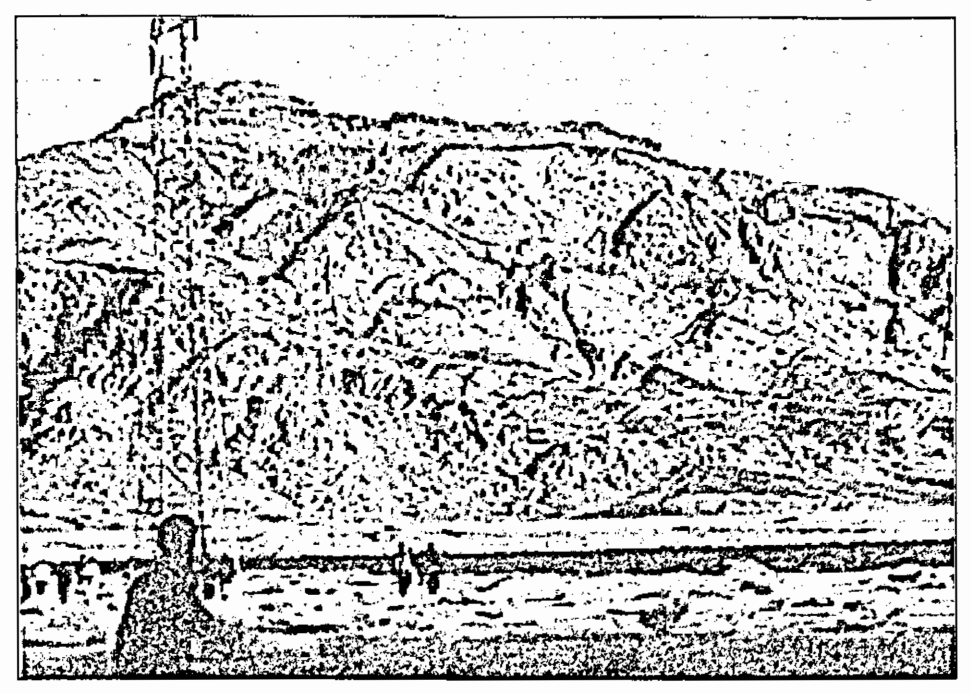


شكل (8 - 14) جرانيت خشن النسيج يتكون من كوارتز واورثوكليس وبلاجيوكليس وبيوتايت.

الجرانيت (Granite)

نسيج هذه الصخور خشن (شكل 8 - 14) يصل حجم حبيباته الى اكثر من 2 سم (Phaneritic، فناريتي).

لون الجرانيت يختلف حسب مكوناته المعدنية غالباً يكون لونه رمادياً. لكن اذا كانت نسبة الاورثوكليس كبيرة، فيكون لونه لحمياً، النوعان موجودان في الأردن، والجرانيت اللحمي هو الاحدث (شكل 9 - 14).



شكل (9 - 14) القاعدة الأردنية تتكون غالباً من صخور جرانيتية. في أسفل الصورة جرانيت لحمي، يعلوه جرانيت رمادي ثم صخور رسوبية رملية. قواطع مختلفة حامضية و قاعدية تقطع الجرانيت في اتجاهات مختلفة، منطقة غرب القويرة.

الريولايت (Rhyolite)

صخور بركانية لها نفس التركيب المعدني مثل الجرانيت، لونها أبيض، رمادي او لحمي. نسيجها أفانيتي (Aphanitic). يحوي غالباً حبيبات خشنة (Phenocrysts). اذا زادت نسبة الحبيبات الخشنة عن (10%) تسمى الصخور ريولايت بورفيري (Porphyrit-ic Rhyolite). الريولايت منتشرة في جنوب الاردن في منطقة العقبة ووادي عربة وفي وادي موسى في منطقة البتراء (شكل 10- 14).



شكل (10 - 14) صخور الريولايت في وادي موسى غرب البتراء تعلوها صخور رسوبية رملية كمبرية بلا توافق.

عائلة الدايورايت - انديزايت Diorite - Andesite

التركيب المعدني لهذه المجموعة متوسط بين الصخور الحامضية الجرانيتية وبين الصخور القاعدية البازلتية، وهي تتركب من المعادن التالية :

بلاجيوكليس متوسط	(Intermediate Plagioclase)	%70 - 50
امفيبول وبايوتايت	(Amphibole and Biotite)	%40 - 25

كما أنها تحوي نسبة بسيطة من الكوارتز، والاورثوكليس. لون صخور هذه المجموعة رمادي.

الدايورايت

نسيج هذه الصخور خشن ولونه رمادي يكون أغمق كلما كانت نسبة المعادن الحديدومغنيسية أكبر. نسبة الكوارتز فيه أقل من 5%. الدايورايت موجود في مناطق مختلفة من جنوب الأردن.

الانديزايت

صخور بركانية لها نفس التركيب المعدني كالدايورايت، لونها رمادي غامق أو أخضر أو أحمر.

تحتوي غالباً على بلورات كبيرة (Phynocrysts)، ونسباً عالية من البلاجيوكليس، ومعادن حديدومغنيسية. الانديزايت موجودة بكميات كبيرة في جبال الانديز، كما أنها موجودة في منطقة العقبة ووادي عربة.

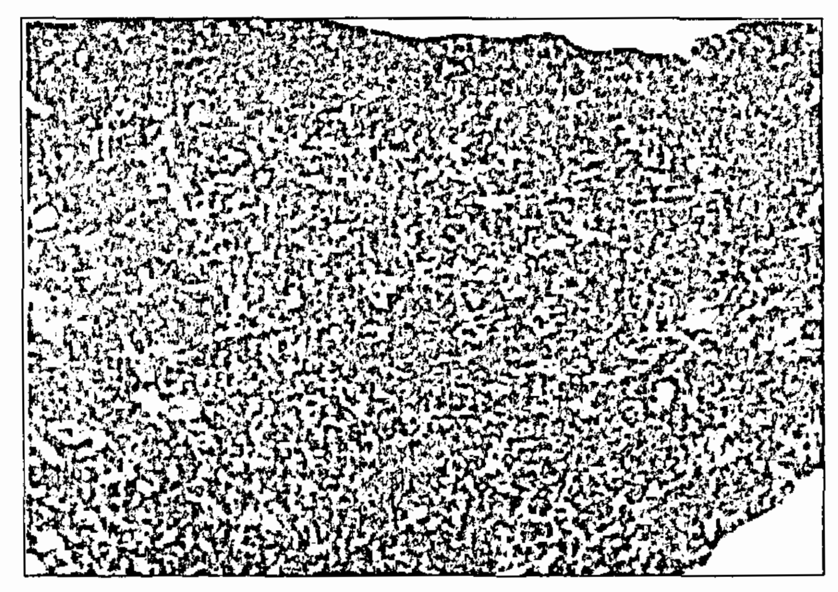
عائلة الجابرو - البازلت (Gabbro - Basalt)

صخور سوداء الى خضراء غامقة تتكون من :

بلاجيوكليس	(Plagioclase)	غالبا جيري	%70 - 45
حديدومغنيسيا	(Ferromagnesia)		%50- 25

الجابرو (Gabbro)

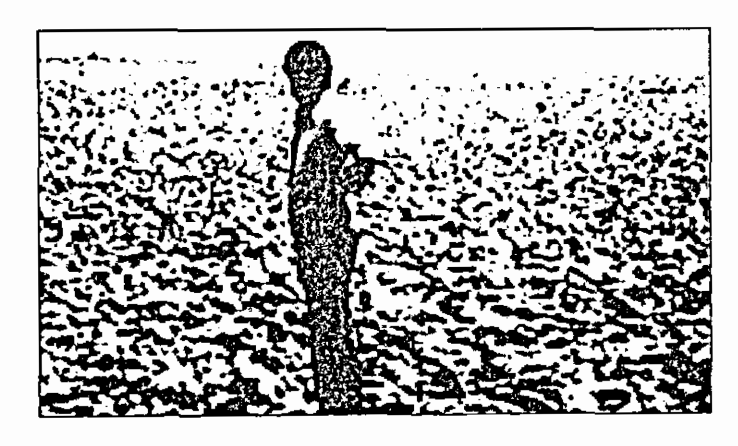
صخور غامقة ذات نسيج خشن، ليست منتشرة بكثرة، قد تحتوي على فينوكريستات من البلاجيوكليس او البايروكسين (شكل 11 - 14).



شكل (11 - 14) جابرو يتكون من معادن غامقة خشنة الحبيبات الجابرو موجود في أماكن محدودة في جنوب الاردن.

البازلت (Basalt)

البازلت هو أكثر الصخور البركانية انتشاراً، فهذه الصخور تكون الصفائح المحيطة، كما أنها تغطي مساحات شاسعة من سطح القارات، فهي تغطي حوالي 45 الف كم^2 من سوريا، ومنطقة شمال شرق الاردن والسعودية، منها 11 الف كم^2 في الأردن، شكل (12 - 14)، وكثيراً ما يكون لهذه الصخور نسيج فقاعي، وتسمى سكوريا (Scoria).



شكل (12 - 14) تغطي الانسيابات البازلتية 11 الف كم^2 من شمال شرق الأردن مكونة الحرة الاردنية، منطقة الأزرق.

عائلة البيريدوتايت (Peridotite)

صخور ذات لون اخضر الى اسود. مكونة من المعادن التالية :

اولفين	%100 - 85
بايروكسين	%10 - 0
بلاجيوكليس جيري	%5 - 0
معادن - خامات	%10 - 0

البيرودوتايت صخور فوق قاعدية مكونة غالباً من الأوليفين والبايروكسين، وقد تكون مكونة فقط من الأولفين فتسمى دونايت (Dunite). وهي ذات نسيج فاناريتي (Phanerit-ic)، تتكون في أعماق كبيرة داخل الأرض، وقد تخرج مع الصهير البازلتي من نطاق الوشاح الخارجي كقنابل بركانية كما هو الحال في بركان الرئتين وغيره في المنطقة البازلتية شمال شرق الأردن. وهي تدل على التركيب المعدني للنطاق الخارجي للوشاح.

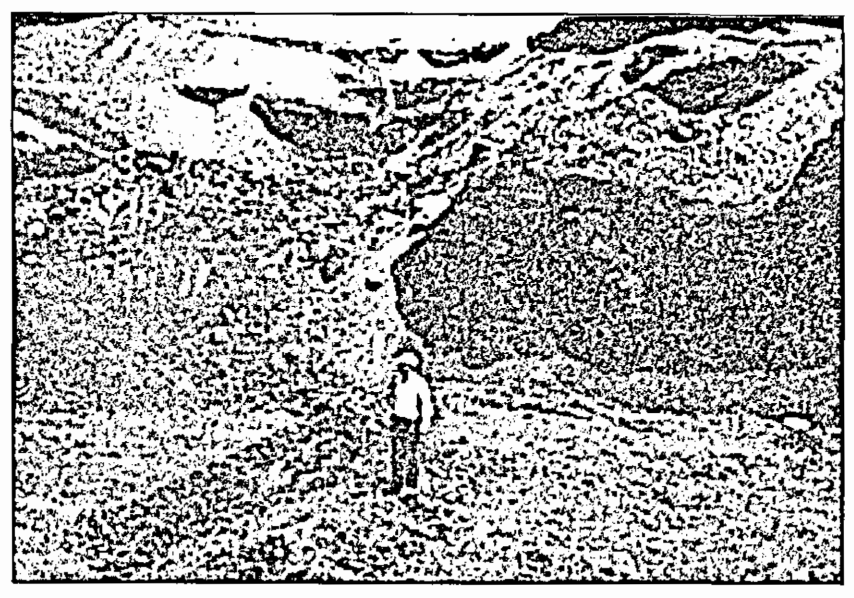
الصخور البركانية الحطامية. (pyroclastics)

عندما تتطاير قطع من الصهير في الهواء نتيجة انفجارات بركانية تتساقط وتتراكم مكونة حطاماً بركانياً (Pyroclastics) (شكل 13 - 14). الصخور التي تتكون من هذا الحطام تصنف حسب حجم وشكل حبيباتها.

1- تاف (Tuff) : يتكون من حبيبات دقيقة، حجمها أقل من 0.6 سم.

2- بريشيا (Breccia) : تتكون من حبيبات حجمها أكبر من 64 مم وذات حواف حادة.

3- رصيص بركاني (Conglomerate) : تتكون من قنابل بركانية أكبر من 5سم.



شكل (13 - 14) حطام بركاني يتكون من حبيبات صغيرة إلى قنابل يزيد قطرها عن 1م، جبل قعيس البركاني في منطقة ام القطين، شمال شرق الأردن.

عندما تتطاير قطع الصهير، قد تسقط على الأرض وهي لازلت غير صلبة، فتلتحم مع بعضها بعضاً مكونة رصيصاً بركانياً ملتحماً (Ignimbrite).

قد ينقل الحطام البركاني ويترسب في حوض ترسيب مع حبيبات أخرى غير بركانية، مكوناً صخوراً تسمى توفايت (Tuffite).

الزجاج البركاني (Volcanic glass)

اذا برد الصهير بسرعة يكون زجاجا بركانيا. من أنواع الزجاج البركاني الأوبسيديان (Obsidian)، وهو صخر زجاجي اسود اللون كتلي ذو مكسر محاري شكل (6 - 14). ومن الزجاج البركاني الباميس (Pumice) وهي صخور ذات نسيج حزمي وفقاعي دقيق.

الصخور المتحولة

مقدمة

هي صخور تكونت من صخور نارية أو رسوبية أو متحولة أخرى نتيجة تأثير ضغوط وحرارة عالية وغازات ومحاليل كيميائية داخل الارض، أدت إلى تغيير تركيبها المعدني أو نسيجها أو الاثنين معاً.

والتغيير الذي يطرأ على الصخور نتيجة التحول (Metamorphism) يؤدي إلى تغيير في التركيب الكيميائي والمعدني في الشكل والترتيب وتغيير في حجم المعادن.

عوامل التحول

يحدث تغيير للصخور الموجودة في باطن الأرض، إذا تغيرت العوامل الكيميائية والفيزيائية المحيطة بها. يستمر التغيير حتى تصبح هذه الصخور في توازن مع العوامل الجديدة، أي تصبح مكوناتها المعدنية ثابتة تحت الظروف الجديدة.

من أهم هذه العوامل هي الحرارة والضغط، والماء، والمحاليل الأخرى.

الحرارة

للحرارة أهمية كبيرة في عملية التحول. بالإضافة إلى تأثيرها على طبيعة المعادن والصخور إلى درجة انصهارها، فإنها تؤثر على التفاعلات الكيميائية بشكل كبير جداً.

يبدأ تحول الصخور عندما تنتهي عملية التحجر، عند درجات حرارة 100 - 200°م - حسب تأثير العوامل الأخرى -، وتنتهي عند درجة الانصهار غالباً 700 - 800°م، وفي بعض المعادن خصوصاً السيليكات الحديدومغنيسية الجافة عند درجات أكبر من 1000°م.

يوجد مصدران لدرجات الحرارة؛ النشاط الماجماتي الذي له غالباً علاقة بحدود الصفائح؛ فيتداخل الصهير بين الصخور في باطن الأرض أو ينساب على سطحها ويؤثر في الحالتين على الصخور المحيطة بدرجات متباينة ويحولها. والمصدر الثاني هو ازدياد درجات الحرارة مع العمق، هذا مانسميه التدرج الحراري، حيث تزداد درجات الحرارة بشكل عام حوالي 3°م كل 100م.

المعادن المختلفة سيليكاتية وغير سيليكاتية تصبح غير ثابتة إذا ارتفعت درجة الحرارة، فتتفاعل مع بعضها البعض ومع المحاليل، أو أنها تتغير وتتفكك إلى معادن ثابتة تحت درجات الحرارة الجديدة، فمثلاً إذا ارتفعت درجة حرارة أحد المعادن الطينية، يتكون منه مايكا، وإذا ارتفعت درجات الحرارة أكثر، تتفكك المايكا وينتج فلدسبار وماء ومعادن أخرى.

ويتكون من الامفبول مع ارتفاع درجات الحرارة معدن الباروكسين، فهذا المعدن -

كما نعرف - يتكون قبل الامفبول عند تصلب الصهير. ويتكون من الجير والكوارتز معدن الولاستونايت ومن الدولومايت والكوارتز البايروكسين، وينتج في الحالتين ثاني أكسيد الكربون.

$$(Mg, Fe)_7 Si_8 O_{22} (OH)_2 \rightarrow 7 (Mg, Fe)SiO_3 + SiO_2 + H_2O$$

(امفبول) (باروكسنين) (كوارتز) (ماء)

$$CaCO_3 + Si O_2 \rightarrow Ca SiO_3 + CO_2$$

(جير) (كوارتز) (ولاستونايت) (ثاني أكسيد الكربون)

$$Mg Ca (CO_3)_2 + 2 Si O_2 \rightarrow Ca Mg Si_2 O6 + 2 CO_2$$

(دولومايت) (كوارتز) (باروكسين) (ثاني أكسيد الكربون)

الضغط

هناك نوعان من الضغط؛ محيطي يؤثر على الجسم من جميع الاتجاهات وموجه يؤثر في اتجاهات معينة.

تؤثر على الصخور داخل الأرض ضغوط من جميع الاتجاهات ناتجة عن وزن ما فوقها من الطبقات والصخور. هذه الضغوط تؤثر باتجاه زيادة الكثافة، حيث يزداد تدريجياً تراص الحبيبات، وإعادة تبلور المعادن أي زيادة حجم الكبيرة منها على حساب الصغيرة، فتختفي المسامات تدريجياً. كما تسبب الضغوط المحيطة تغييراً لصالح ترتيب بلوري داخلي أكثف، يشغل حيزاً أقل. فتتكون من المعادن المختلفة معادن أكبر كثافة، كالجارنيت ذو الكثافة العالية (3, 8 - 4, 3) الذي يتكون من معادن حديدومغنيسية أقل كثافة.

الضغوط الموجهة لها تأثيرات عديدة؛ فهي تعمل على ترتيب الحبيبات المنبسطة بحيث تصبح موازية لبعضها البعض وعمودية على إتجاه الضغوط، وفي نفس الوقت تتراص الحبيبات ويزيد عدد نقاط تماسها، ويتغير نوع التماس من نقطي إلى صفحي ومتداخل. وتكتسب الصخور تدريجياً صفة التشقق.

ثم مع زيادة الضغوط تتشقق المعادن ذات التشقق وتنزلق قطع التشقق بجانب بعضها البعض وتنمو جانباً عمودياً على اتجاه الضغوط. كذلك الحبيبات الأخرى تذوب باتجاه الضغوط وتنمو في ظلها - أي عمودي عليها.

كما أن الحبيبات الكبيرة تنمو في نفس الاتجاه على حساب الصغيرة، التي تختفي تدريجياً. فتصبح حبيبات الصخور المتحولة تدريجياً أكبر ومرتبة عمودياً على اتجاه الضغوط، مما يجعلها شستية أي متورقة.

الماء والمحاليل

الماء الموجود بشكل عام وبكميات قليلة أو كبيرة في جميع الصخور. وهو ضروري جداً حتى تتم كثير من التفاعلات الكيميائية، التي تحدث أثناء عملية التحول. كما قد تؤثر المواد الذائبة في الماء بشكل كبير أو قليل على هذه التفاعلات أو حتى تسببها.

والماء ينقل عناصر مختلفة من وإلى الصخور أثناء عمليه التحول؛ نسمي هذه العملية التبادل الذري أو تحول ميتازوماتي Metasomatism.

وقد تحدث المياه الحارة لوحدها تحولاً ذا درجة منخفضة. كما أن للماء تأثير على الصفات الفيزيائية للصخور أثناء التحول، فهو - بشكل عام - يقلل من قوة تماسكها ويسهل تشكلها.

أنواع التحول

هناك ثلاثة أنواع من التحول :

تحول التماس وتحول اقليمي، وتحول ديناميكي.

تحول التماس (Contact Metamorphism)

ينتج عن ارتفاع كبير في درجات الحرارة ونشاط واسع للمحاليل والغازات التي تنفصل عن الصهير وتتخلل الصخور بالقرب من تماس هذه الصخور مع الصهير. وهو تحول محدود يقل تأثيره بسرعة كلما ابتعدنا عن منطقة التماس.

درجات التحول وحجم هالة التحول التي تتكون حول الصهير تكون أكبر كلما كان حجم جسم الصهير ودرجات حرارته أكبر. هذا التحول يسبب اعادة تبلور وتكوين بلورات جديدة. وقد يسبب احلالاً كاملاً للصخور نتيجة تفاعلها مع الغازات والمحاليل. هذا التحول يؤدي الى زيادة صلادة الصخور، وتكوين معادن جديدة، ونادراً أن يؤدي الى تورق الصخور، لانه لا يصاحب هذا التحول زيادة كبيرة في الضغوط.

تحول اقليمي (Regional Metamorphism)

تحول ينتج عن حرارة عالية وضغوط عالية بسبب دفن الصخور في أعماق كبيرة، خصوصا في أماكن اصطدام الصفائح وفي إنهدام وسط المحيطات. معظم الصخور المتحولة تكونت نتيجة تحول اقليمي.

الضغط العالي آت من الدفن في الاعماق ومن إصطدام الصفائح والحركات المكونة للطيات والصدوع.

ينتج عن تأثير الحرارة العالية والضغوط المرتفعة إعادة تبلور وتفتيت للمعادن، وقص المعادن والصخور وترققها.

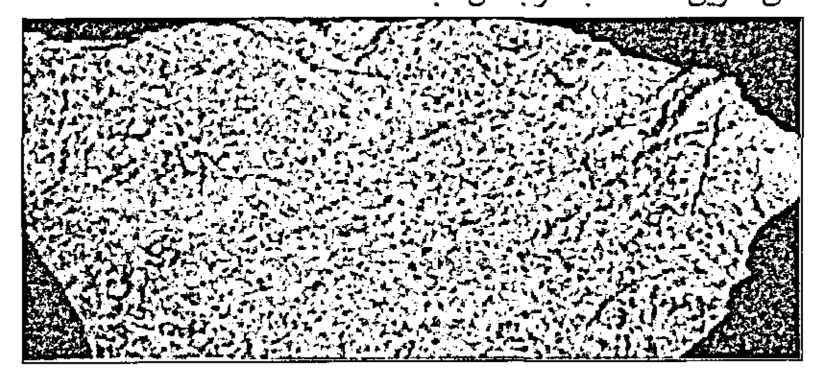
التورق (Foliation) من أهم صفات الصخور المتحولة. وهو يبين درجة التحول. فاما أن يكون عباة عن تفسخ الحجر في مستويات متوازية تقريباً، وتكون بلوراته صغيرة نسميه (Slate)، وأما أن تكون نتيجة ترتيب بلورات رقيقة كبيرة نسبياً في مستويات متوازية (Phyllite) او يكون نتيجة تتابعات لطبقات من معادن مختلفة مثل النايس (gneis).

تحول ديناميكي (Dynamic metamorphism)

ويسمى كذلك تحول نطاقات الصدوع. يتكون هذا النوع من التحول بالقرب من سطح الأرض نتيجة تحطيم وسحق الصخور على إمتداد نطاقات الصدوع تحت ضغوط موجهة ودرجات حرارة منخفضة.

يلتحم المسحوق الذي يتكون على إمتداد الصدوع الكبيرة مكوناً صخوراً تسمى ميلونايت (Mylonite)، كما يلتحم الحطام الذي يتكون كذلك على امتداد الصدوع، نتيجة إعادة تبلور بسيطة مكوناً بريشياً صدوع (Fault breccia). هذا النوع من البريشيا موجود في الأردن في المناطق على امتداد وادي عربة - الغور، خصوصاً في تكوين عمان حيث نسبة التتابعات الصوانية الصلدة التي تتحطم كالزجاج كبيرة.

على امتداد الصدوع الكبيرة يكون الاحتكاك كبيراً، وترتفع درجات الحرارة، وتصبح عملية إعادة التبلور نشطة، فيتكون من الحطام ما يشبه الشست أو النايس، كما حدث على امتداد حركة طيات وصدوع شعيب في الأردن، التي أدت إلى سحق طبقات الفوسفات في المنطقة وإعادة تبلورها، خصوصاً تبلور الأباتايت ذو اللون الأخضر (شكل 14 - 14) وهو متكشف على طريق السلط بالقرب من البقعة.



شكل (14 - 14) اباتايت شيست حطامي أخضر اللون دقيق الحبيبات.

تصنيف الصخور المتحولة

الصخور المتحولة متنوعة جداً، نظراً لتنوع صخور الام، ولتنوع عوامل التحول. فمن نوع واحد من صخور الأم، يمكن ان تتكون عدة أنواع من الصخور المتحولة، تبعاً لدرجات التحول وعواملها المختلفة، وذلك لان المعادن المختلفة تكون بشكل عام ثابتة تحت مجموعة عوامل معينة وتتغير بتغيرها. بشكل عام تقسم الصخور المتحولة الى مجموعتين رئيسيتين:

1- متورقة (جدول 4 - 14).

2- غير متورقة (جدول 5 - 14).

وتقسم المتورقة حسب درجة تورقها. كما يمكن تمييز مجموعات أنواع من هذه الصخور حسب المعادن السائدة والثابتة في درجات التحول المختلفة.

جدول (4 -14) : أنواع الصخور المتحولة المتورقة

	اسم الصخر	النسيج	الصفات
	سليت	دقيق جداً، حبيبات لا ترى بالعين المجردة	تشقق يقطع التطبق
	فيلايت	دقيق لا تزال الحبيبات لا ترى بالعين المجردة	ترقق جيد
شيست	موسكوفايت شيست	خشن الحبيبات ترى بالعين المجردة، غالباً تحوي مايكا وكثيراً بورفوروبلاستات	ترقق تام، تحول يزداد من أعلى الى اسفل.
	كلورايت شيست		
	بايوتايت شيست		
	جارنت شيست		
	ستاورولايت شيست		
	كيانايت شيست		
	سلمنايت شيست		
	نايس	خشن الحبيبات	تتابع حزمي لمعادن مختلفة اللون

جدول (5 - 14) تبين أنواع الصخور غير المتورقة.

الصخور الأم	الصخور المتحولة	المعدن	النسيج
صخور رملية كوارتزية	كواورتزايت	كوارتز	دقيق الى خشن الحبيبات المتشابكة
صخور جيرية	رخام	كالسايت	دقيق إلى خشن الحبيبات المتشابكة
رصيص	رصيص متحول	حبيبات من أي نوع من الصخور	خشن الحبيبات
بازلت	جرينستون	كلورايت وأبيدوت	دقيق الحبيبات
جابرو	امفبولايت	امفبول وبلاجيوكليس	خشن الحبيبات

صخور متحولة متورقة

أكثر الصخور المتحولة انتشاراً، وتتكون نتيجة تحول إقليمي.

سليت (Slate)

إنها صخور دقيقة الحبيبات لا ترى بالعين المجردة ولها تورق واضح.

وهي صخور صلبة كثيفة والوانها متنوعة أسود، أحمر، رمادي، أخضر الخ.

يتكون السليت بشكل عام من الطفل الذي تعرض الى تحول منخفض. أهم المعادن المنتشرة في السليت هو الكوارتز والمسكوفايت والكلورايت. التطبق قد يبقى واضحاً ويمكن ألا يكون متوافقاً مع التورق.

الفيلايت (Phyllite)

صخور دقيقة الحبيبات، لكن حبيباتها أكبر من حبيبات السليت، بسبب إعادة تبلور بعض معادنها. تورقها أفضل من تورق السليت، ولمستويات التورق لمعان حريري.

الشيست (Schist)

بلوراتها صفائحية كبيرة الحجم نسبياً، وتمتاز بترتيب هذه البلورات بشكل متواز. من مكوناتها البلورية الصفائحية مسكوفايت وكلورايت وتلك. ومن مكوناتها الاخرى كوارتز وجارنت وسيلمينايت وهورنبليند. وقليلاً من الفلدسبار وغيرها.

جارنت وسيلمينايت شيست أقدم صخور القاعدة الأردنية، وهي موجودة في منطقة وادي أبو برقة - وادي عربة ومناطق أخرى.

نايس (Gneiss).

خشنة الحبيبات، متورقة نتيجة ترتيب المعادن المختلفة في أحزمة متوازية يصل سمكها الى بضعة سنتمترات، تتكون من تتابعات بيضاء واخرى سوداء.

من أهم مكونات النايس المعدنية الفلدسبار والكوارتز بالإضافة الى كميات أقل من معادن الحديدومغنيسية مثل المايكا الامفبول ومعادن اخرى.

النايس من أكثر الصخور المتحولة انتشاراً. تتكون نتيجة تحول عالي من الجرانيت والريولايت ومن الصخور الرملية.

صخور النايس منتشرة في منطقة العقبة ومنطقة وادي عربة.

الصخور المتحولة غير المتورقة

ميتاكونجلوميرات (Metaconglomerate)

تكونت نتيجة تحول الرصيص بحيث أصبحت الحبيبات تحت درجات الحرارة والضغوط العالية ممتدة ومفلطحة وملتحمة مع بعضها التحاماً جيداً.

كوارتزايت (Quartzite)

تتحول من صخور رملية، وتتكون بشكل رئيسي من الكوارتز، ويمكن أن تحوي كميات متفاوتة من المايكا ومعادن أخرى.

حبيبات هذه الصخور متشكلة ومتشابكة وملتحمة مع بعضها البعض. تظهر غالباً متجانسة، فلا يبقي التحول اثراً للتطبق، لكن احياناً يبقى أثر واضح للتطبق.

يوجد كوارتزايت في صخور ما قبل الكمبري في منطقة العقبة في تكوين الصخور المتحولة الجنوبية (Janubi Metamorphic Rocks)

الرخام (Marble)

هي صخور متحولة غير متورقة تتكون بشكل رئيسي من الكلسايت والدولومايت بلوراتها كبيرة نسبيا، وهي متشابكة وملتحمة مع بعضها البعض، مما يجعل الصخور كثيفة.

لونها أبيض ويمكن أن تكون زهرية اللون أو رمادية أو زرقاء أو خضراء اللون وحسب ما تحوي من شوائب.

يوجد في الاردن في منطقة جنوب عمان رخام ملون بألوان مختلفة لكن لونه السائد هو الاخضر.

هورنفلس (Hornfels)

صخور دقيقة النسيج صلبة. تتكون نتيجة تحول التماس في نطاق ضيق حول الصهير. يمكن أن يتكون من أي نوع من الصخور مثل الطفل والبازلت.

يوجد هورنفلز في جنوب الاردن في مناطق محدودة كتماس القواطع السميكة، الخ.

الرواسب والصخور الرسوبية.

الرواسب هي أجسام تتكون نتيجة تراكم حبيبات صلبة غير متماسكة تكونت نتيجة تجوية وتعرية صخور كانت موجودة سابقاً وبقايا وهياكل وأصداف الكائنات الحية، او ترسيب كيميائي من محاليل. وهي تتراكم عادة في طبقات.

والصخور الرسوبية تتكون غالباً نتيجة تحجر هذه الرواسب، لكنها تتكون كذلك بطرق اخرى مثل الترسيب رأساً كصخور صلبة، كالحجر الجيري الناتج عن ترسيب الجير بواسطة الطحالب أو المرجان في الشعاب المرجانية أو يمكن أن تتكون نتيجة التحام بقايا حيوانات ونباتات كالفحم الحجري الذي يتكون من تراص بقايا نباتات.

جميع العمليات التي تؤثر على الرواسب بعد ترسيبها وإلى حين تعرضها مرة ثانية لعوامل التجوية، والتي لا تصل إلى درجة التحول نسميها عمليات تحويرية (Diagenesis).

مع أن الصخور الرسوبية تكون جزءاً صغيراً، حوالي 7.9% من القشرة الأرضية، إلا أنها تغطي بسماكات متباينة ثلاثة أرباع اليابسة. والرواسب تغطي معظم قيعان البحار والمحيطات.

للصخور الرسوبية أهمية اقتصادية كبيرة لاحتوائها على خامات عديدة، تركزت تحت أحوال محددة، مثل البترول والفوسفات والفحم الحجري وغيرها.

تكون الرواسب والصخور الرسوبية.

تتأثر الصخور الموجودة على السطح بعوامل التجوية المختلفة، بدءاً بعمليات النقل ثم التوضع والتحجر، التي تؤدي إلى تكوين الرواسب والصخور الرسوبية.

ولا داعي لتفصيل هذه العمليات في هذا الكتاب.

التركيب المعدني للصخور الرسوبية

الرواسب والصخور الرسوبية تتكون بشكل رئيسي من صخور كانت موجودة على

السطح نتيجة تأثرها بعوامل التجوية والتعرية، فالمعادن المقاومة لهذه العوامل الموجودة بنسب كبيرة في الصخور الام تتركز في هذه الرواسب. لذلك فان اكثر الصخور الرسوبية تتكون غالباً من أربع مكونات :

1- الكوارتز (Quartz)
2 - الكالسايت (Calcite)
3- الطين (Clay)
4- حطام صخري (Rock fragments).

نسيج الصخور الرسوبية

للنسيج أهمية في تصنيف الصخور الرسوبية لان له دلالات على مسافة النقل وبيئة الترسيب.

أهم أنواع أنسجة الصخور الرسوبية هي النسيج الحطامي حيث تُنقل المواد وتوضع على شكل حبيبات صلبة، والنسيج البلوري حيث تترسب المواد من المياه والمحاليل على شكل بلورات صغيرة، ثم تنمو بعد الترسيب وتتشابك مع بعضها البعض.

تصنيف الصخور الرسوبية

تصنف الصخور الرسوبية حسب تكونها إلى مجموعتين :

1- صخور رسوبية حطامية (Clastic sedimentary rocks)

2- صخور رسوبية لا حطامية (Non - clastic sedimentary rocks)

أ- كيميائية (Chemical sedimentary rocks).

ب- عضوية (Organic sedimentary rocks)

الرواسب والصخور الرسوبية الحطامية

تتكون من حطام صخري أو معدني أصله من صخور كانت موجودة سابقاً، أثرت عليها عوامل التجوية فحطمتها، ثم نقل هذا الحطام، وتوضع في حوض ترسيب وتحجر، وهي تمتاز بنسيجها الحطامي.

وتصنف الرواسب والصخور الرسوبية الحطامية حسب حجم حبيباتها. (جدول 6 - 14).

ولا داعي للحديث عن صفات الصخور الرسوبية الحطامية في هذا الكتاب

جدول (6 - 14) تصنيف الصخور الرسوبية حسب حجم حبيباتها.

النسيج	التركيب	اسم الرواسب	اسم الصخر
نسيج خشن اكبر من 2مم	حبيبات مستديرة من اي نوع من الصخور حبيبات حادة الأطراف من اي نوع صخور.	حصى (Gravel)	رصيص (Conglomerate) بريشيا (Breccia)
متوسط $\frac{1}{16}$مم -2 مم	كوارتز ونسبة قليلة من معادن اخرى. كوارتز وأكثر من 20% فلدسبار. كوارتز وقطع صخرية وفلدسبار وكمية كبيرة طين.	رمل (Sand)	حجر رملي كوارتزي (Quartzitic sandstone) حجر رملي أركوزي (Arkose) جيرواك (Graywake)
دقيق $\frac{1}{256}$مم-$\frac{1}{16}$مم	كوارتز ومعادن طينية	غرين (سيلت) (Silt)	حجر غريني (سيلتي) (Siltstone)
دقيق جداً اقل من $\frac{1}{256}$ مم	كوارتز ومعادن طينية	طين (Clay)	طفل صفحي (Shale) صخور طينية

الصخور الرسوبية اللاحطامية

تتكون هذه الصخور نتيجة ترسيب كيميائي أو بيوكيميائي أو نتيجة تراكم مواد عضوية. وتصنف بشكل رئيسي حسب مكوناتها إلى صخور كيميائية وصخور عضوية.

الصخور الرسوبية الكيميائية

تترسب من محاليل نتيجة تشبعها بمادة ما مثل كربونات الكالسيوم، أو نتيجة تواجد مواد معينة تؤثر على مواد ذائبة وتجعلها تترسب، كالسيليكا التي قد تترسب من محاليل غير مشبعة مكونة محاليل غرينية، تتكون منها صخور صوانية. وتترسب الصخور الرسوبية الكيميائية في البيئات الدافئة نتيجة التبخر، حيث تتكون المتبخرات مثل الجبس والأملاح المختلفة.

الصخور الرسوبية العضوية

تتكون غالباً نتيجة ترسيب بيوكيميائي. الكائنات الحية التي تعيش في المياه تأخذ من محيطها المائي الجير أو السيليكا أو الفوسفات، أو غيرها من المواد وتكون منها أصدافها وهياكلها. عندما تموت هذه الكائنات الحية تتراكم أصدافها وهياكلها مكونة صخوراً جيرية أو سيليكاتية أو فسفاتية، الخ. كما تتراكم بقايا النباتات في المستنقعات والبحيرات والبحار، وتكون صخور رسوبية عضوية كالفحم الحجري.

فيما يلي بعض صفات صخور رسوبية لاحطامية مهمة :

الصخور الجيرية

إنها أكثر الصخور الرسوبية اللاحطامية انتشاراً، وتكون كربونات الكالسيوم التي تترسب كيميائياً أو عضوياً في بيئات المياه الحلوة أو المالحة، أو أن تنتقل كفتات أكثر من 50% منها. وتكون المعادن الطينية والكوارتز وأكاسيد الحديد المختلفة وفتات صخري ومعادن أُخرى الجزء الباقي، الذي قد يصل الى 50%.

تصنف الصخور الجيرية حسب تكوينها ونسيجها وصفات أخرى مهمة. تكون الصخور الجيرية في كثير من بلدان العالم طبقات سماكاتها تصل مئات وآلاف الأمتار، وهي تغطي حوالي 60% من سطح الاردن.

فيما يلي بعض الصخور الجيرية الكيميائية والعضوية المهمة :

صخور جيرية دقيقة الحبيبات (Micrite)

تتكون هذه الصخور من بلورات صغيرة غالباً من الكالسايت، يصعب تمييزها حتى تحت الميكروسكوب، لها نسيج كثيف وهي صلبة ولها مكسر محاري. يختلف لونها حسب الشوائب التي تحويها فهو متنوع من أبيض الى أصفر فاتح وأحمر ومن رمادي إلى أسود.

يترسب الحجر الجيري الميكريتي في مياه دافئة هادئة وضحلة. هذه الصخور منتشرة في الاردن بكثرة خصوصا في تكوين وادي السير من الكريتاسي العلوي. ومنه يقطع حجر اشتفينا للبناء.

صخور جيرية متبلورة (Sparite)

تتكون من بلورات متشابكة وكبيرة نسبياً، يمكن أن ترى بالعين المجردة او العدسة، وكثيراً ما تحتوي مستحاثات. تتكون البلورات الكبيرة نتيجة حركة المحاليل في مسامات الصخور بعد الترسيب.

الصخور الجيرية المستحاثية او الهيكلية (Fossiliferours or skeletal Limstone)

تتكون بشكل رئيسي من هياكل الكائنات الحية خصوصا اللافقاريات من رخويات ومرجان وغيرها. هذه الهياكل ملتحمة مع بعضها البعض بشكل جيد بمادة الكالسيات كمادة اسمنتية تحيط بالهياكل والاصداف إحاطة جيدة مكونة صخور صلبة (شكل 4 - 17).

تتكون هذه الصخور في مياه دافئة ضحلة حيث، البيئة ملائمة لانتشار اللافقاريات.

الكوكينا (Coquina)

هي صخور تتكون بشكل رئيسي من أصداف وحطام أصداف الكائنات الحية، التي كثيراً ما تكون ذات فرز جيد وبشكل عام مستديرة ومتأثرة بعوامل النقل.

هذه الاصداف ملتصقة بشكل ضعيف مع بعضها البعض، لذا فإن الكوكينا ذات مسامية عالية. إنها تتكون في بيئة ذات طاقة عالية، حيث تتراكم الاصداف والهياكل بواسطة التيارات، التي تنقل الحبيبات الصغيرة، وتبقى فقط الكبيرة.

تترسب الكوكينا في البيئات الشاطئية والبحرية الضحلة ذات الطاقة العالية.

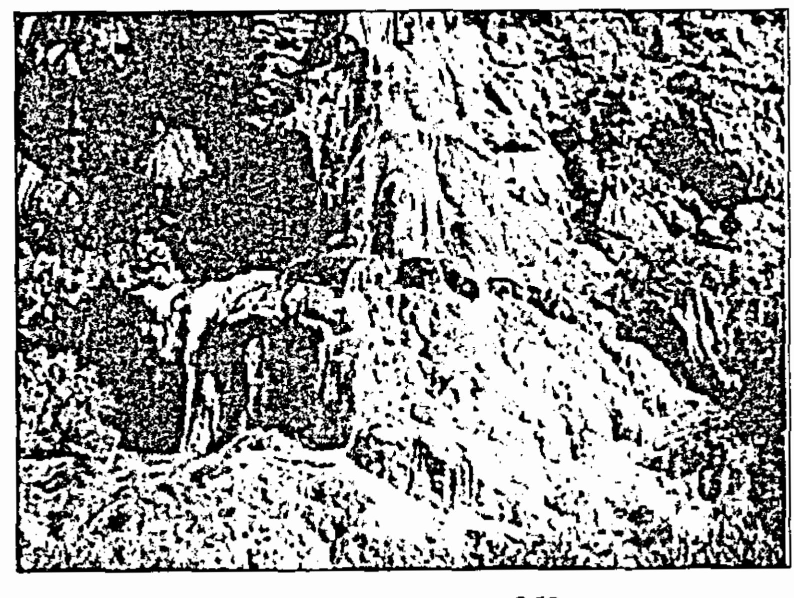
الطباشير (Chalk)

هي صخور جيرية عالية المسامية. دقيقة الحبيبات، تتكون غالباً من أصداف الكائنات الحية الدقيقة خصوصا المنخربات (Foraminifera)، ولونها أبيض الى أبيض مصفر.

موجودة في الاردن في الكريتاسي العلوي والثلاثي السفلي مثل تكوين الموقر وتكوين وادي الشلالة وغيرها.

الترافرتين (Travertine)

هي ترسبات جيرية تتكون غالباً في الكهوف وحول الينابيع، خصوصا الحارة وعلى امتداد مجاريها. لها نسيج غالباً حزمي شعاعي. وهي موجودة في أماكن كثيرة في الاردن مثل منطقة دير علا وزرقاء ماعين (شكل 15 -14) ودير أبو سعيد ووادي حوفا وغيرها. كما أننا نجدها في كهوف كثيرة مثل كهف جعيتا في لبنان وكهف زوبيا في الأردن وغيره وعلى الضفاف الشرقية لنهر اليرموك في منطقة الحمة.



شكل (15 - 14) ترافرتين يتكون حالياً حول ينابيع زرقاء ماعين وعلى امتداد مجاريها بطريقة عضوية.

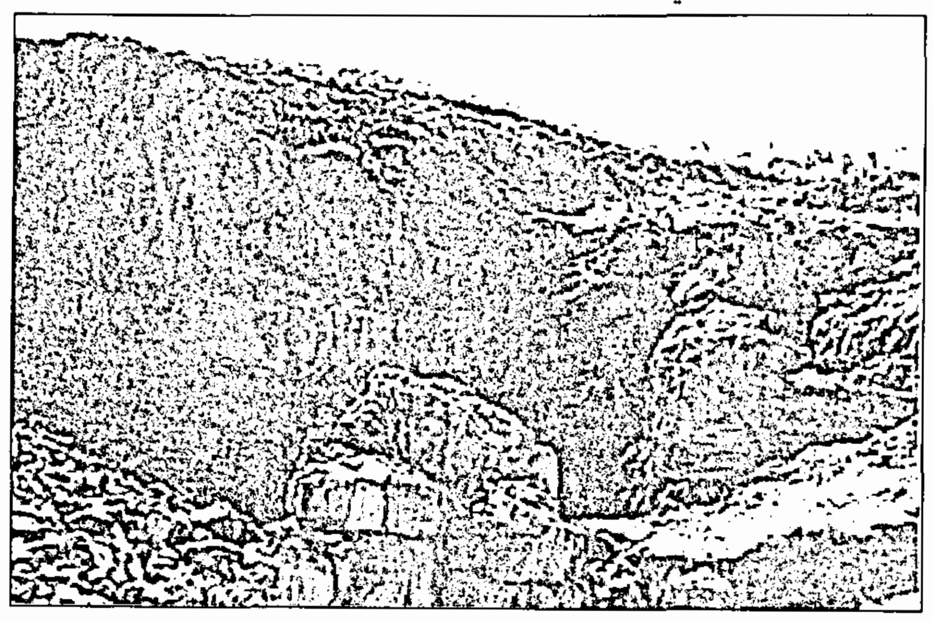
ومن الصخور الكيميائية الاخرى الجبس والصخور الملحية والصوان :

الجبس (Gypsum)

صخور كبريتات الكالسيوم. تتكون هذه الصخور من متبخرات المياه المالحة، وهي غالباً كتلية لونها أبيض، أو أبيض مصفر أو محمر أو رمادي.

تترسب الصخور الجبسية في بيئة محصورة وفي مناخ جاف إلى شبه جاف.

الجبس متكشف في وادي الزرقاء بالقرب من مصب وادي الهونة (شكل 16 - 14) وهو هنا من الترياسي، وفي وادي الموجب من الكريتاسي المتأخر، كما انه يكون جزءاً من مارل اللسان من العصر الرباعي.



شكل (16 - 14) طبقات من الجبس الكتلي من عصر الترياسي، وادي الزرقاء عند مصب وادي الهونة.

الصخور الملحية (Rock salt)

تتكون هذه الصخور من الهلايت (NaCl) وهي إما أن تكون دقيقة، متوسطة أو خشنة النسيج.

وهي بدون لون أو بيضاء أو ملونة بألوان أخرى حسب إحتوائها على شوائب من أكاسيد الحديد والطين.

تتكون نتيجة تبخر مياه مالحة في بيئة محصورة وفي مناخ جاف إلى شبه جاف. والصخور الملحية سهلة التحرك تحت الضغوط. عدم توازن في الصخور التي تعلوها تسبب إنسيابها مكونة قبباً ومرتفعات، كجبل أصدم وقبة شبه جزيرة اللسان. وهذه

الصخور الملحية ترسبت في العصر الثلاثي. ويتكون الملح في الوقت الحاضر على اطراف البحر الميت نتيجة التبخر.

ملح الطعام في الاردن يكتسب من منطقة الازرق، حيث يتبخر الماء الجوفي المالح على السطح في ملاحات ويجمع، كما أنه يستخرج من مياه البحر الميت.

الصوان (Chert)

هي صخور سيليكاتية، كالسودينية، دقيقة النسيج جداً. إذا شوهدت تحت تكبير كبير يتبين أنها حبيبية أو حزمية النسيج.

الوان حجر الصوان تختلف من أبيض الى بني وأحمر وأخضر وأسود حسب الشوائب الموجودة فيه.

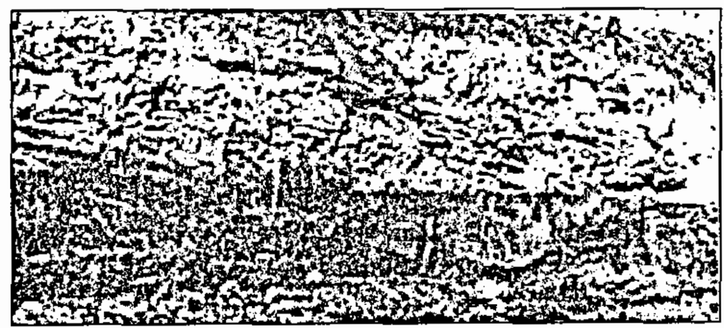
تتكون الصخور الصوانية غالباً نتيجة إحلال السيليكا محل الكربونات، ويمكن أن تكون في قليل من الحالات قد ترسبت على شكل سيليكا.

في الاردن الصخور الصوانية موجودة بشكل كبير في الكريتاسي العلوي خصوصاً في تكوين عمان الذي يغطي مناطق شاسعة من شمال الاردن الى جنوبه.

ونذكر هنا نوعاً من أنواع الصخور اللاحطامية العضوية الغير جيرية وهو الفحم الحجري لأهميته :

الفحم الحجري (Coal)

يتكون نتيجة تراكم كميات كبيرة من اجزاء وبقايا النباتات في بيئة غير مأكسدة حيث تتحلل تدريجياً مكونة في البداية (الخث peat) ثم مع الدفن وزيادة الضغط ودرجات الحرارة تقل نسبة الماء والغازات في بقايا النباتات، وتزداد تدريجياً نسبة الكربون، ويتم تحويل الخث الى فحم بني (Liginte أو Brown Coal) ثم الى فحم حجري بيتيوميني طري (Bituminous coal) (شكل 17 - 14) ومع إزدياد درجة التفحم إلى فحم حجري صلب يسمى انثراسايت (Anthracite).



شكل (17 - 14) طبقات رقيقة من الفحم الحجري داخل عدسة من الصخور الطينية، تكوين الكرنب «الكريتاس السفلي»، وادي الزرقاء بالقرب من جسر جرش - عمان.

الخلاصة

تكون الصخور النارية حوالي 60% من القشرة. وهي تتصلب من الصهير، إما داخل الأرض، ويكون نسيجها خشن وتسمى صخور نارية باطنية أو بلوتونية، أو على سطحها ويكون نسيجها دقيق، وتسمى صخور نارية بركانية. أهم أنسجة الصخور النارية ستة أنواع، وهي خشن الحبيبات، ودقيق الحبيبات، وبورفيري وزجاجي وحطامي بركاني وفقاعي.

يتكون الصهير من سيليكات منصهرة وماء وغازات، وهو إما أن يكون مافي يحوي حديد ومغنيسيوم وكالسيوم أو سيالي غني بالسيليكون والألمنيوم.

وتقسم الصخور النارية حسب تركيبها ونسيجها إلى عدة عائلات أهمها: الجرانيت،- الريولايت، والدايورايت- الأندزايت، والجابرو- البازلت، والبيرودتايت، وأكثرها انتشاراً الجرانيت والبازلت.

الصخور المتحولة تتكون من صخور رسوبية أو نارية أو متحولة أخرى، نتيجة تأثير الضغوط ودرجات الحرارة العالية، ومحاليل موجودة داخل الأرض تغيّر في نسيجها و / أو تركيبها المعدني. وهناك ثلاثة أنواع من التحول؛ تحول إقليمي يتم في أعماق كبيرة، وتحول تماسي يتكون نتيجة تأثير صهير على محيطه، وتحول ديناميكي يتكون نتيجة تأثير الضغط العالي على امتداد الصدوع. وتقسم الصخور المتحولة حسب نسيجها إلى صخور متورقة تتكون غالباً نتيجة تحول إقليمي مثل السليت والفيلايت والشيست والنايس، وصخور غير متورقة متجانسة أو كتلية كالهورنفيلز والرخام.

أما الصخور الرسوبية فتكون حوالي 7.9% من القشرة الأرضية، وأهم عوامل تكوين الرواسب والصخور الرسوبية النقل بواسطة الماء أو الرياح أو الجليد. وتصنف الصخور الرسوبية إلى حطامية ولا حطامية. وتقسم الحطامية حسب حجم حبيباتها، ومن أهم الصخور التابعة لها: الرصيص والصخور الرملية، والصخور الطينية. وتقسم اللاحطامية إلى كيميائية وعضوية. الكيميائية تترسب من محاليل كالصخور الجيرية والصوانية والمتبخرات كالجبس والملح.

وسنناقش في الفصل اللاحق المناخ، والطقس، والتربة، وتكوينها والعوامل المؤثرة فيها.

أسئلة وتمارين

1- ما أهم مكونات الصخور النارية؟

2- عرف النسيج واشرح خمسة أنواع من أنسجة الصخور النارية، واذكر أمثلة عليها.

3- اشرح أهم المعايير التي تستعمل في تصنيف الصخور النارية.

4- اذكر أسماء ثلاث عائلات من الصخور النارية، واشرح صفاتها بشكل عام، ثم اذكر إذا ما كانت هذه الصخور موجودة في الأردن، وأين؟

5- ما التحول؟ وضح عوامل التحول وتأثيراتها.

6- اشرح أنواع التحول المختلفة.

7- هل توجد صخور متحولة في الأردن؟

8- أين تتوقع أن تتواجد صخور متحولة ديناميكياً في الأردن، ولماذا؟

9- كيف نصنف الصخور المتحولة؟

10- كيف تتكون الصخور الرسوبية؟

11- ما المقصود بالنسيج الفتاتي، وما الفرق بين الرصيص والبريشا؟

12- ما الترفرتين؟ كيف يتكون؟ وهل يوجد ترفرتين في الأردن؟

الفصل الخامس عشر

المناخ ، والتجوية، والتربة

مقدمة

تؤثر القوى الخارجية باستمرار على سطح الكرة الأرضية وتحاول أن تجعله مستوياً. فهي تنقل الصخور والمواد المختلفة من الأماكن المرتفعة الى الاماكن المنخفضة.

القوى الخارجية هذه هي بشكل أساسي الطاقة الشمسية والجاذبية الارضية.

الطقس والمناخ

الطقس هو الأحوال الجوية المختلفة من حيث درجات الحرارة والاشعاع الشمسي والغيوم والضباب والمطر والرياح في مكان وزمان محددين. تسمى هذه الظواهر والعمليات الفيزيائية عناصر الطقس.

والعلم الذي يدرس جميع هذه الظواهر والعمليات الفيزيائية في الغلاف الجوي هو علم الارصاد الجوية او علم الطقس. (Meteorology)

المناخ هو مجموع الاحوال الجوية ومعدلاتها ومدى تغيراتها خلال مدة طويلة، لا تقل عن 35 سنة، لمنطقة ما من سطح الارض.

العلم الذي يدرس مناخات الارض المختلفة من حيث وصفها وتحديدها وتأثيراتها البيئية، يسمى علم المناخ (Climatology).

عناصر المناخ هي نفسها عناصر الطقس (حرارة واشعاع وضغوط جوية ورياح ورطوبة ومطر) وهي تتكون نتيجة تفاعل وتداخل عدد من العوامل اهمها الموقع الجغرافي بالنسبة لخطوط العرض والارتفاع عن مستوى سطح البحر وتوزيع اليابسة والبحر والضغوط الجوية والرياح والتيارات البحرية والتضاريس وتأثيرات التربة والغطاء النباتي.

العناصر المناخية

الحرارة

إنها من أهم العناصر المناخية، لأن كثيراً من العناصر الاخرى مثل الأمطار والرياح والضغط الجوي تعتمد عليها. الحرارة في المناطق المختلفة تعتمد على كيفية سقوط أشعة الشمس عليها. المناطق التي تسقط عليها أشعة الشمس عمودياً، كمنطقة خط الاستواء، درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة المناطق التي تسقط عليها الأشعة مائلة، مثل المناطق

القطبية. هذا مع العلم بأن درجة الميلان تتغير فصلياً. وتعتمد درجة الحرارة على طول النهار الذي يتغير كذلك فصلياً وحسب موقع المناطق بالنسبة لخطوط العرض. كما أن اليابسة والبحر يتأثران بدرجات متفاوتة بأشعة الشمس، فترتفع درجة حرارة اليابسة أسرع وأكثر من البحر، وذلك لأن حرارتها النوعية أقل، واشعة الشمس لا تخترقها الى اسفل كما هو الحال في ماء البحر، ولا توزع الحرارة كما هو الحال في ماء البحر الذي تحركه الرياح، وفقدان الطاقة بواسطة التبخر على اليابسة أقل منه في البحر.

قياس معدل درجات الحرارة في المناطق المختلفة مهم، وتوزيعها على الفصول، ومعرفةالمدى الحراري مهم كذلك. لذلك ترسم الخرائط التي تبين توزيع الحرارة على الأرض في فصل الشتاء والصيف. وتُرسم عليها خطوط تساوي الحرارة بمستوى سطح البحر.

الضغط الجوي

هو وزن عمود الهواء، يقاس بالبارومتر، ويعطى غالباً بالمليمترات او السنتمترات او بالمليبار. كلما كانت درجة الحرارة أعلى، كان الهواء أخف والضغط أقل. كذلك كلما كانت الرطوبة مرتفعة أكثر، كلما كان الهواء أخف والضغط أقل، والعكس صحيح. لذلك إذا كان الهواء ساخناً رطباً يكون أخف، فيرتفع الى أعلى، مكوناً مناطق ضغط منخفض. والهواء البارد الجاف أثقل فيهبط مكوناً مناطق ضغط عالي.

ترسم خرائط عليها خطوط تساوي الضغط، تبين أماكن الضغط العالي والمنخفض، كلما كانت هذه الخطوط اقرب من بعضها البعض، كلما زادت قوة الرياح التي تهب من مناطق الضغط العالي الى المنخفض.

أماكن الضغط العالي والمنخفض من سطح الارض إما أن تكون دائمة او تتغير فصلياً.

بشكل عام نميز بين أربعة أحزمة (شكل (1 - 15).

1 - حزام استوائي منخفض.

2 - حزامين مداريين ذات ضغط مرتفع.

3 - حزامي المنطقتين المعتدلتين ذات الضغط المنخفض.

4 - حزامي المنطقتين القطبيتين ذات الضغط المرتفع.

في الواقع هذه الاحزمة غير مستمرة. انها مقسمة الى خلايا، وذلك بسبب التوزيع غير المنتظم لليابسة والبحر.

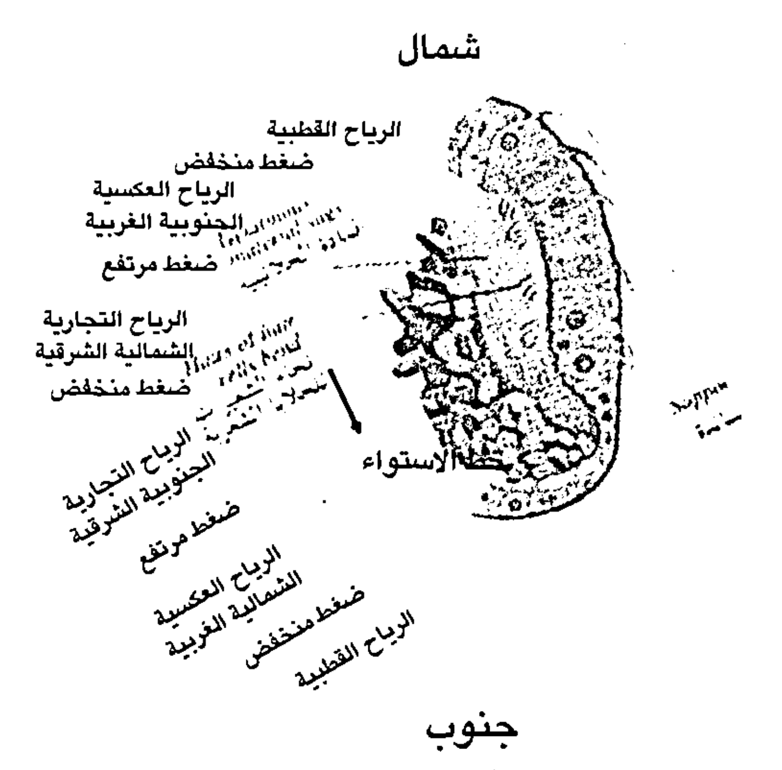
الرياح

هي حركة الهواء الافقية. تحدث بشكل رئيسي لاختلاف الضغط الجوي في الاماكن المختلفة. الكتل الهوائية تتحرك من المناطق ذات الضغط المرتفع الى الاماكن ذات الضغط المنخفض.

لذلك تكون حركة الرياح على شكل أحزمة، حسب أحزمة الضغط المرتفع والضغط المنخفض. لكن دوران الأرض من الغرب الى الشرق يؤثر على حركة الرياح والاجسام المتحركة الاخرى، بحيث تميل الى اليمين على نصف الكرة الشمالي، والى اليسار على نصف الكرة الجنوبي (شكل 1 - 15).

تتحرك الرياح من المدارين ذات الضغط المرتفع باتجاه المنطقة الاستوائية وباتجاه القطبين. الرياح باتجاه المنطقة الاستوائية تسمى الرياح التجارية الشمالية الشرقية والرياح الجنوبية الشرقية. وهي غالباً جافة ولكنها تمطر في مناطق شرق القارات لأنها تمر فوق مساحات شاسعة من المحيطات. يمتد هذان الحزامان من حوالي 30^0 الى 50^0 شمال وجنوب خط الاستواء حيث يلتقيان مع الحزام الاستوائي.

اما الرياح من المدارين باتجاه القطبين فتهب عبر خطوط العرض 35^0 - 60^0 وتسمى رياح عكسية جنوبية غربية في نصف الكرة الشمالي، وعكسية شمالية غربية في نصف الكرة الجنوبي. هبوبها باتجاه المناطق الباردة يجعلها مطيرة خصوصاً غرب القارات.



شكل (1 - 15) شكل توضيحي مبسط جداً يبين حركة الرياح العامة على سطح الكرة الأرضية ويبين اماكن تواجد أحزمة الضغط المرتفع والمنخفض بشكل عام جداً

الرياح العكسية في نصف الكرة الشمالي غير منتظمة لتأثرها بالقارات. أما في نصف الكرة الجنوبي فتبقى منتظمة وثابتة الاتجاه لهبوبها فوق المحيط المتصل.

تلتقي الرياح العكسية مع الرياح القطبية المتحركة باتجاه خط الاستواء على امتداد الجبهة القطبية. الرياح القطبية شديدة البرودة، تسبب سقوط كميات قليلة من الثلج.

الأحزمة الريحية المذكورة تتحرك الى الشمال والجنوب، حسب تغير أحزمة الضغط نتيجة ميلان محور دوران الأرض والتغير الظاهري الفصلي لموقع الشمس. هذا يكون ظروفاً مناخية خاصة في المناطق الواقعة بين خطي عرض 35^0 - 45^0 شمال وجنوب خط الاستواء.

نتيجة تأثير عوامل مختلفة على المناطق المختلفة تتكون أنواع مختلفة من الرياح:

1 - رياح دائمة تهب على مدار السنة.

2 - رياح موسمية تهب في مواسم معينة.

3 - رياح محلية تهب في أوقات معينة مثل الخماسين.

4 - رياح يومية تهب نتيجة إختلاف في التضاريس، أو القرب من البحر.

الغيوم والأمطار

يحتوي الهواء كمية من بخار الماء. كلما زادت درجة الحرارة، كلما زادت قدرة الهواء على الاحتفاظ بكمية بخار أكبر.

نسمي النسبة المئوية لكمية البخار الموجودة في الهواء بالنسبة لأكبر كمية بخار يمكن أن تتواجد في الهواء تحت نفس درجة الحرارة ، الرطوبة النسبية، ونسبة كتلة بخار الماء الى الكتلة الكلية للهواء، الرطوبة النوعية.

يكون الهواء مشبعاً بالبخار، اذا كان يحوي أكبر كمية من البخار، التي يمكن أن تتواجد فيه تحت درجة حرارة معينة. درجة الحرارة التي يبدأ عندها بخار الماء الموجود في الهواء في التكاثف نسميها نقطة الندى.

اذا برد الجو تحت نقطة الندى، فإن الرطوبة الزائدة تتكاثف وتتحول الى حالة السيولة، وتتكون نقيطات ندى على الارض، وحول حبيبات الغبار في الهواء، حيث تكون ضباب أو غيوم.

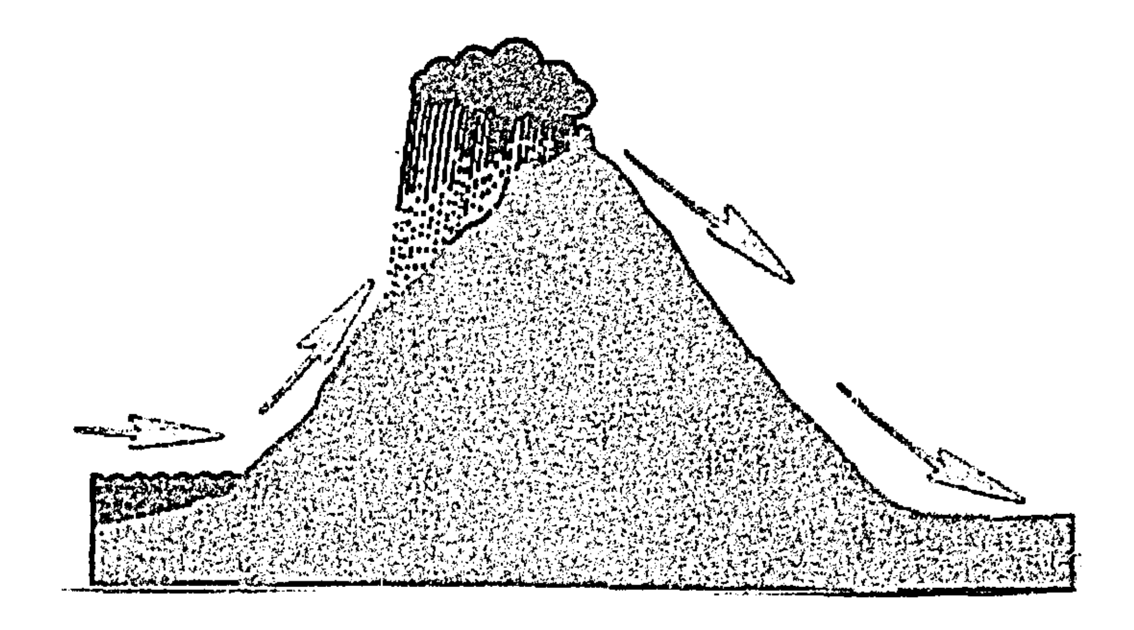
الغيوم التي تتكون من نقيطات ماء أو بلورات جليد صغيرة جداً، تقسم من حيث شكلها وتكوينها الى مجموعتين: الغيوم المتطبقة والغيوم الكتلية. وتقسم المجموعتان الى عشرة أنواع. تتواجد عدة أنواع خصوصاً الممطرة منها في طبقات الجو السفلى وأخرى في المتوسطة وأنواع في طبقات الجو العليا.

اذا زادت برودة الجو، فإن النقيطات في الغيوم تتجمع وتكبر وتسقط على شكل مطر أو ثلج.

نميز بين ثلاثة انواع من الأمطار:

1 - المطر التصاعدي أو مطر التيارات الحاملة. أي مكان تزداد درجة حرارته بشكل كبير، يصعد فيه الهواء المتواجد بالقرب من سطح الأرض عمودياً الى أعلى. اذا كانت رطوبته عالية وسرعة صعوده كبيرة، فإنه يبرد وتهطل الامطار غالباً مع برق ورعد، كما هو الحال في المناطق الاستوائية.

2 - مطر التضاريس: عندما يصطدم هواء محمل بالرطوبة مع حواجز جبلية عالية، فإنه يرتفع الى أعلى حيث يتمدد، ثم يبرد ويتكاثف وتهطل الامطار. بعدها يهبط الهواء الى المناطق خلف الحواجز الجبلية بعد أن فقد رطوبته او جزءاً كبيراً منها، وينضغط وترتفع حرارته فتزداد قدرته على إستيعاب كمية أكبر من الرطوبة، مما يسبب إزدياد التبخر في هذه المناطق، لذلك تسمى هذه المناطق (ظل المطر). قد يسبب هذا تكوين صحارى (شكل 2 - 15).



شكل (2 - 15) اصطدام الرياح المحملة بالرطوبة بالجبال، يسبب هطول الأمطار امامها وتكوين ظل مطر خلفها، حيث قد تتكون صحارى

3 - مطر جبهات الرياح ويسمى مطر الاعاصير: يتكون نتيجة التقاء كتلة هواء دافئة مع أو مرورها فوق كتلة هوائية أكثر برودة، مما يسبب تكاثف بخار الماء وهطول الامطار.

من الضروري معرفة كمية الامطار وتوزيعها الفصلي، وطبيعة سقوط المطر (بغزارة لمدة قصيرة او كرذاذ لمدة طويلة)، وتقلب سقوط المطر، ومعدل التبخر للأماكن المختلفة.

تقاس كمية المطر الساقطة في المناطق المختلفة، وترسم خرائط عليها خطوط تساوي المطر.

تمتاز المناطق المختلفة عن بعضها البعض بكمية الامطار وتوزيعها الفصلي. نميز بين الاحزمة المطرية التالية:

1 - الحزام الاستوائي بين خطي عرض 5° جنوب وشمال خط الاستواء. يسقط فيه مطر تصاعدي غزير خلال السنة كلها. كمية الامطار حوالي 2000 ملم.

2 - الحزام دون الاستوائي بين خطي عرض 5° و8° شمال وجنوب خط الاستواء. يسقط فيها مطر تصاعدي غزير في نصف السنة الدافىء، خصوصاً في اولها وآخرها. بالاضافة الى مطر تضاريسي في بعض المناطق.

3 - الحزام السوداني: بين خطي عرض8° و18° شمال وجنوب خط الاستواء. يصبح فيه فصل المطر أقصر مع البعد عن خط الاستواء. وفي نفس الاتجاه فصل الجفاف أطول.

4 - الحزام الصحراوي: وهو مناطق غرب القارات، بين خطي عرض 18^0 و 30^0 شمال وجنوب خط الاستواء. قد تسقط فيها أمطار لكنها قليلة وطارئة. كما تسقط أمطار قليلة على أطرافها.

5 - حزام المطر الموسمي: يسقط المطر في فترة أربعة اشهر، تهب فيها الرياح الموسمية.

6 - حزام البحر الأبيض المتوسط: يقع بين خطي عرض 30° و40° شمال وجنوب خط الاستواء. يسقط المطر في هذا الحزام في فصل الشتاء. كمية الامطار تتراوح بين 750 - 1250 مم، وتقل من الغرب الى الشرق.

7 - حزام خطوط العرض العليا: فوق خط عرض 40° شمالاً وجنوباً. مطر إعصاري سببه الرياح العكسية.

تحت حزام غرب القارات: مطر غزير يزداد في فصل الشتاء.

تحت حزام وسط القارات: مطر متوسط يسقط في فصل الصيف

تحت حزام شرق القارات: مطر غزير نسبياً في نصف السنة الصيفي، أكثر من وسط القارات وأقل من غرب القارات.

تحت حزام المنطقة القطبية والمعتدلة الباردة: تساقط خفيف. جزئياً على شكل ثلج، يسقط في الصيف أكثر منه في الشتاء.

تصنيف المناخ

هناك محاولات عديدة لتصنيف المناخ تعتمد على عناصر مناخية مختلفة، اهمها درجات الحرارة، وكمية الامطار وتوزيعهما الفصلي والموقع الجغرافي.

يمكن تقسيم المناخ بشكل عام الى:

1 - جاف (arid) إذا كانت كمية التساقط أقل من التبخر

2 - رطب (humid) إذا كانت كمية التساقط أكبر من التبخر.

أ - رطب مطري، إذا كانت أكبر كمية للتساقط على شكل مطر.

ب - رطب ثلجي، إذا كانت أكبر كمية للتساقط على شكل ثلج.

كما ويمكن تقسيم هذين القسمين حسب نسبة كمية التساقط الى كمية التبخر.

لقد وجد أن الاحوال المناخية في أماكن معينة من سطح الارض متشابهة، مما أدى الى تمييز عدة أنواع مناخية، كل نوع يمثل مجموعة من العناصر المناخية، ولكن لا تتساوى جميع العناصر المناخية في جميع المناطق التابعة لنفس النوع، مما يجعل الحدود بين الانواع المناخية المختلفة متداخلة (شكل 3 - 15).

الأنواع المناخية

المناخ الاستوائي

هو المناخ السائد في المنطقة الاستوائية بين خطي عرض 5° شمال وجنوب خط الاستواء تقريباً. وهي الامازون وغابون وغينيا الاستوائية ومعظم حوض الكونغو وأُغنده واندونيسيا وغيرها. يمتاز هذا المناخ بتجانسه طيلة أيام السنة تقريباً. درجات الحرارة تقريباً ثابتة حوالي26,7° م. المدى الحراري السنوي عادة أقل من المدى اليومي. الرطوبة عالية. المطر غزير مع رعد وبرق، معدله حوالي 2000 مم في سنة.

المناخ المداري البحري

يشبه الى حد بعيد النوع الاول. وهو المناخ السائد على أطراف الشواطىء الشرقية من الحزام المداري بين خطي عرض 10° و25° شمال وجنوب خط الاستواء تقريباً، حيث الشواطىء الشرقية للبرازيل وشرق مدغشقر وشواطىء موزمبيق وشواطىء كوينلندا وغيرها.

أهم صفات هذا المناخ، مطر غزير بدون اختلافات فصلية كبيرة. لا يوجد فصل جفاف واضح. درجات الحرارة عالية نسبياً، معدلها السنوي21° م، والمدى الحراري قليل نسبياً، أي ان الطقس دافىء ورطب. الرياح تجارية تهب من المناطق المدارية ذات الضغط العالي محملة بهواء مداري بحري.

المناخ المداري القاري

يسمى كذلك المدار الحشائشي. وهو المناخ السائد بشكل مميز بين خطي عرض5° و 15° شمال وجنوب خط الاستواء، حيث تقع الهضبة البرازيلية وهضبة غويان وحوض اورينك والسودان وهضبة شرق افريقيا والهند واجزاء من جنوب شرق آسيا وغيرها.

درجات الحرارة عالية طيلة أيام السنة. الطقس حار، رطب ورعدي والمطر غزير (250 - 1500 مم) في فصل الصيف، اما في الشتاء فهو جاف مع رياح غبارية قوية.

المناخ الموسمي

وهو المناخ السائد في الجزء الاكبر من جنوب شرق آسيا بسبب هبوب الرياح الموسمية الصيفية الاستوائية والمدارية البحرية التي تسبب سقوط أمطار غزيرة. أما في فصل الشتاء فتهب رياح مدارية قارية جافة. لذلك فإن هذا المناخ يشبه الى حد كبير المناخ المداري القاري حيث نميز بوضوح بين فصلين: صيفي ممطر وشتاء جاف. درجات الحرارة عالية، والمدى الحراري قليل.

المناخ الصحراوي الحار

هو مناخ مداري حار. يمتد بين خطي عرض 15° و35° شمال وجنوب خط الاستواء. إنه مناخ الصحراء الكبرى وشبه الجزيرة العربية والصحراء الهندية ثار وصحراء كالاهاري في جنوب أفريقيا وصحراء اتاماكا في تشيلي والصحارى في غرب استراليا.

مطر قليل أقل من 250 مم سنوياً، يسقط على شكل دفعات غزيرة. المدى الحراري اليومي والسنوي كبيران. درجات الحرارة مرتفعة في فصل الصيف وفي النهار، ومنخفضة في الليل وفي أشهر الشتاء.

في النهار شمس ساطعة بدون غيرم، وبرد في الليل. هذه المناطق هي المصدر الرئيسي للرياح المدارية القارية.

مناخ حوض الابيض المتوسط

وهو مناخ الاطراف الغربية الدافئة المعتدلة. وينتشر في المناطق الساحلية الغربية من خطوط العرض المتوسطة مثل شواطىء البحر الابيض المتوسط، سواحل كاليفورنيا، وسط تشيلي، رأس جنوب افريقيا، جنوب غرب الجزء الغربي من استراليا وغيرها.

يمتاز هذا المناخ بالاختلافات الفصلية خصوصاً بين الصيف والشتاء. الصيف دافىء جاف والشتاء ممطر معتدل.

رياح قطبية بحرية في الشتاء، ومدارية قارية في الصيف.

مناخ الاطراف الشرقية الدافىء المعتدل

ويسمي كذلك مناخ تحت مداري رطب. وينتشر بين خطي عرض 20° و 35° في الصين، جنوب شرق الولايات المتحدة، جنوب البرازيل، شمال نيوزيلاندا وغيرها.

لا يوجد فروق كبيرة بين الفصول، لكن هناك اوقات معينة من السنة تكون فيها الرطوبة أكثر من غيرها. لا يوجد فصول باردة ولا جافة.

أمطار غزيرة طيلة ايام السنة، لكنها في الصيف اكثر، وتتراوح بين 750 و 1500مم.

الطقس متقلب في الشتاء ورطب في الصيف. الرياح السائدة مدارية بحرية.

مناخ صحراوي معتدل

هو المناخ السائد في صحارى خطوط العرض الوسطى بين خطي عرض 25^0 و 40^0 شمال وجنوب خط الاستواء، داخل القارات، أكثر المناطق التي يسود فيها هذا المناخ تقع في نصف الكرة الشمالي؛ إيران ، تركستان، غرب الصين، ومعظم الجزء الجنوبي الغربي من الولايات المتحدة، وبتاجونيا في امريكيا الجنوبية.

المدى الحراري السنوي كبير، حار في الصيف وبارد جداً في الشتاء. لا يوجد فصل رطب، التساقط قليل في الشتاء على شكل ثلوج. تهب في الشتاء رياح قطبية قارية.

مناخ محيطي معتدل بارد

على الاطراف الغربية للقارات بين خطي عرض 45° و60° شمال وجنوب خط الاستواء مثل الجزر البريطانية، سواحل شمال اوروبا، سواحل كولومبيا، جنوب الأسكا، جنوب تشيلي، جنوب نيوزيلاندا، تاسمانيا وغيرها. يقع هذا المناخ ضمن تأثير الرياح البحرية. المدى الحراري السنوي قليل نسبياً، لا يوجد درجات حرارة عالية ولا منخفضة. معدل درجة حرارة أدفىء شهر هو22,2°م وأبرد شهر فوق درجة الانجماد. المطر غزير (500-2000) مم، طيلة السنة، الجزء الاكبر منه يهطل في فصل الشتاء. الضغوط الجوية المنخفضة هي السائدة، خصوصاً في الشتاء، حيث تلتقي الرياح القطبية القارية والمدارية البحرية.

مناخ الاطراف الشرقية المعتدل البارد

هو مناخ الاطراف الشرقية للقارات بين خطي عرض 40° و50° شمال وجنوب خط الاستواء، خصوصاً منطقة سنت لورينس والبحيرات الكبرى، وشمال شرق الولايات المتحدة، منشوريا، كوريا، شمال اليابان والسهول الكبرى في الصين. المدى الحراري أكبر من المدى الحراري للمناخ على الاطراف الغربية، الشتاء أبرد، والصيف أكثر حرارة، ولكن لا يوجد فصل جفاف. كما ويؤثر على المناطق الآسيوية المناخ الموسمي في الصيف.

معدل تساقط الأمطار 500 - 650 مم أكثرها في فصل الصيف. أما في فصل الشتاء فتسقط كميات أقل، معظمها على شكل ثلوج، الرياح السائدة قطبية قارية في الشتاء، ومدارية بحرية في الصيف.

المناخ القاري المعتدل

وهو مناخ الحشائش المعتدلة. إنه المناخ السائد في وسط القارات بين خطي 30^0 و 50^0 شمال وجنوب خط الاستواء، حيث بامباس امريكيا الجنوبية، وسهول ماري وأرلنغ في استراليا.

المدى الحراري السنوي كبير، الشتاء بارد جداً، وفي الصيف يكون النهار حار جداً. المطر قليل، غالباً حوالي 250 - 400 مم، لكنه قد يكون اكثر من بعض المناطق مثل البامباس مع مطر رعدي في أواخر الربيع وبداية الصيف، وقد يسقط الثلج في الشتاء. الرياح قطبية قارية في الشتاء، ومدارية قارية أو بحرية في الصيف.

المناخ القاري البارد

يقتصر انتشار هذا المناخ في نصف الكرة الشمالي، من شمال كندا عبر فنلندا وشمال روسيا حتى سيبيريا. الشتاء بارد جداً، مع انجماد في أكثر أيام السنة. قد تكون دافئة في الصيف تزيد درجة حرارته اكثر الاشهر دفئاً عن $10°$ م.

التساقط 200 - 300 مم، غالباً على شكل ثلوج، بعض المناطق يزيد المطر فيها عن الثلج. تسود الرياح القارية القطبية في الشتاء، والقارية القطبية او الجبهات القطبية في الصيف.

مناخ التوندرا

هي الصحراء الباردة، على امتداد الحدود القطبية، حيث الحدود القارية للمحيط المتجمد خصوصاً الشمالي. لا يوجد فصل دافيء، الشتاء عبارة عن ليل طويل. يسود المنطقة رياح قارية قطبية. في الشتاء انجماد معدل درجات الحرارة في أدفيء شهر أقل من 10^0 م. الصيف قصير بارد. التساقط أقل من 250 مم على شكل ثلوج.

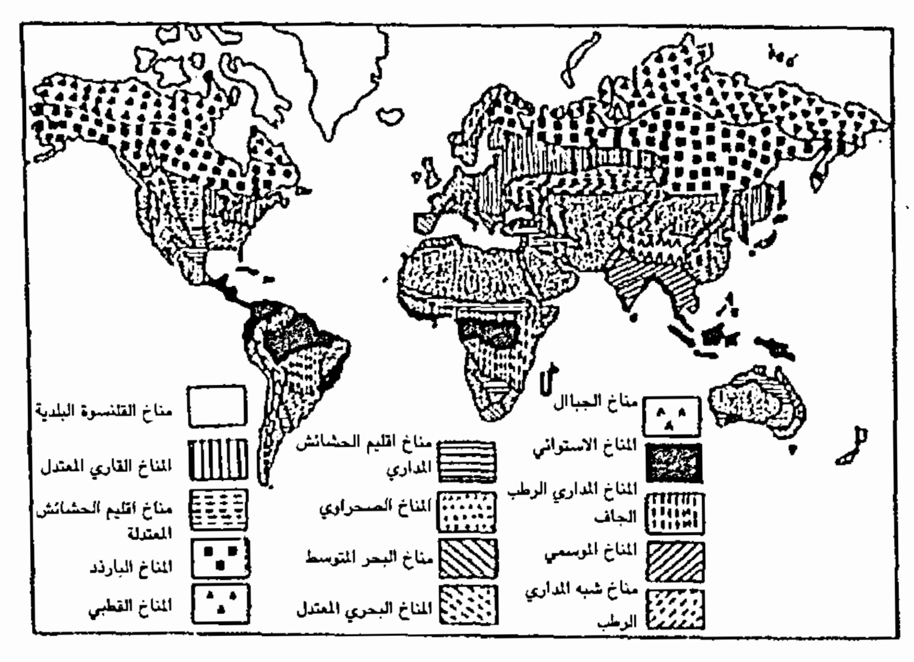
مناخ القلنسوة الجليدية

هي المرتفعات القطبية مثل جرينلندا وانتاركتكا. إنجماد دائم، معدل درجات أدفيء شهر أقل من صفر مئوي. ثلج دقيق يسقط طيلة أيام السنة.

مناخ الجبال

يسود كثيراً من الجبال والهضاب المرتفعة مناخ يختلف عن محيطها أو عن المناخات الاخرى. كلما زاد الارتفاع، كلما قلت درجات الحرارة وقل الضغط.

المناخات في الجبال المختلفة، متباينة بشكل عام. إنه يشبه، بشكل عام، مناخ التوندرا والمناخ القطبي مع إختلاف بمدة وقوة الاشعاع الشمسي، وقلة الضغط الذي يقل مع الارتفاع.



شكل (3 - 15) خريطة تبين بشكل عام توزيع الأنواع المناخية المختلفة على الأرض.

التجوية (Weathering)

هي تحطيم وتفتيت الصخور ميكانيكياً وتحليلها كيميائياً. لذا يمكن تقسيم التجويه الى تجوية ميكانيكية وأخرى كيميائية، علماً بأنهما تؤثران على الصخور في نفس الوقت وفي الانظمة المناخية المختلفة بدرجات متفاوتة.

التجوية الميكانيكية

هي تفتيت الصخور نتيجة إجهاد فيزيائي دون تغير تركيبها المعدني أو الكيميائي.

عوامل التجوية الميكانيكية

الانجماد

عندما يتجمد الماء يكبر حجمه 9%. تحوي كل الصخور تقريباً فراغات وشقوق وكسور ذات احجام مختلفة، وعندما تتخللها المياه، وتتجمد ويكبر حجمها، تؤثر على الصخور المحيطة بإجهاد قدره حوالي 110 كغم / سم2

تكرار هذه العملية يحطم الصخور، ويفصل أجزاءها عن بعضها البعض. هذا ما نسميه أسفنة الانجماد (Ice wedging).

ازالة الحمل

الصخور التي تكونت في أعماق كبيرة داخل الارض تحت ضغوط عالية جداً تؤثر من جميع الجهات، وتساوي وزن آلاف الأمتار من الصخور التي تعلوها، تجنح هذه الصخور الى التمدد، اذا زال الغطاء الصخري نتيجة التعرية، وزالت بذلك الضغوط المحيطة.

حينئذ يبدأ الضغط الداخلي في التأثير، ويسبب تمدد الصخور، وتكوين تصدعات كبيرة موازية لسطح الارض. هذا ما نسميه تصفيح الصخور (Rock Sheeting).

تغير درجات الحرارة

هذا التغير يسبب تمدد وتقلص الصخور. تكرار هذه العملية تفتت الصخور على السطح، خصوصاً وان معظم الصخور مكونة من معادن مختلفة، ذات معاملات تمدد متفاوتة. أكبر تأثير لهذا النوع من التجوية في الصحارى حيث المدى الحراري اليومي والفصلي كبيران، والصخور والحجارة متكشفة على السطح. كما ويسبب تغيّر درجات الحرارة اليومية والفصلية مع تفاوت درجات الرطوبة تقشر الصخور على السطح.

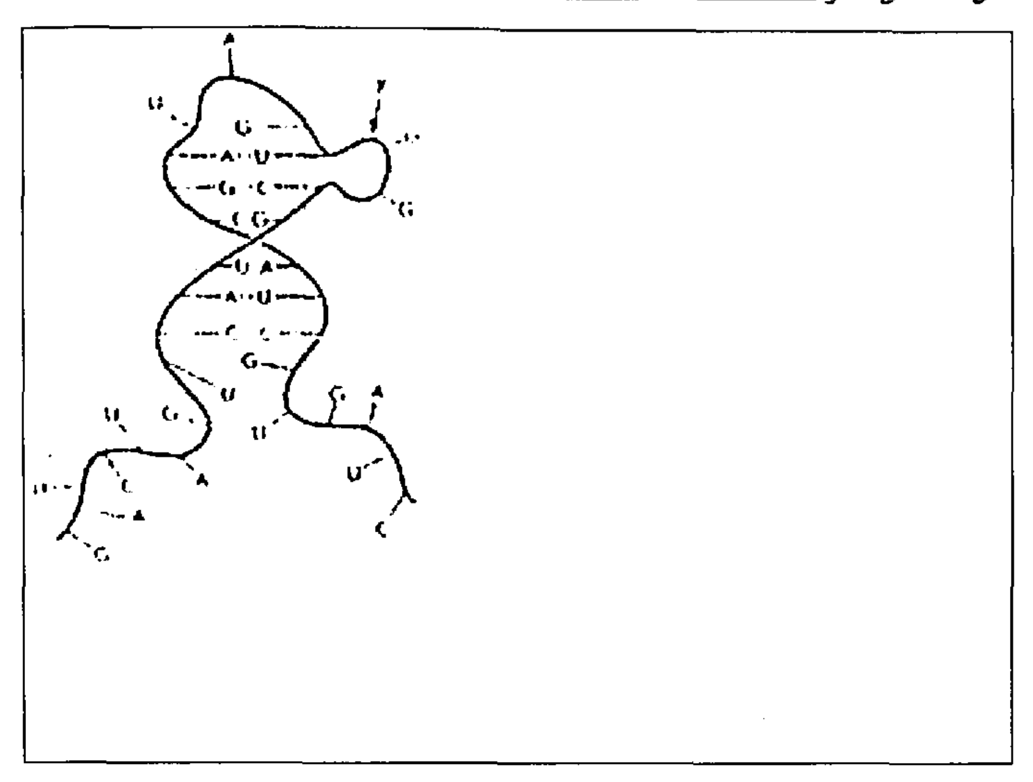
تباين درجات الحرارة اليومية والفصلية يقل بسرعة داخل الارض حتى تصل درجة الحرارة على عمق بسيط ثابتة. لذا فإن تأثير تغير درجات الحرارة محصور على السطح فقط.

تبلور الاملاح

يوجد أملاح كثيرة ذائبة بكميات كبيرة أو قليلة في المياه الجوفية التي تتخلل شقوق وفراغات الصخور، وتصعد في قنواتها الشعيرية. عندما يتبخر الماء، تتبخر الاملاح، مما يسبب ضغوطاً على حبيبات وجدران الصخور، تسمى ضغوط التبلور. تكرار الاذابة والتبلور يفتت الصخور.

تأثير الكائنات الحية

تحفر أنواع كثيرة من الكائنات الحية في التربة وفي الصخور الصلبة، وتساعد على تفكيكها وتحطيمها وتحضيرها لعوامل التجوية الاخرى. من هذه الكائنات الحية الديدان والحيوانات الأخرى التي تعيش في التربة، وأنواع من الاسفنجيات واخرى من المحار التي تحفر في الصخور الجيرية الصلبة، والنباتات التي تدخل جذورها في شقوق الصخور وتوسعها مما يساعد على تحطيمها (شكل 4 - 15) كما أن للانسان تأثير في هذا المجال.



شكل (4-15) جذور الأشجار تشقق الصخور وتحطمها

التجوية الكيميائية

هي تحلل الصخور واذابتها جزئياً او كلياً. يحدث هذا بتواجد مادة أو أكثر من المواد النشطة كيميائياً الموجودة في الطبيعة، أهمها بخار الماء وثاني اكسيد الكربون والاكسجين وحامض الكبريتيك وحوامض عضوية وغاز الامونيا وغيرها.

هذه المواد تحدث تغييراً في البناء البلوري للمعادن، وخصوصاً وإن معظم المعادن المكونة للصخور تكونت داخل الارض تحت ظروف تختلف عنها على سطح الارض. هذا التغيير يؤدي الى تكوين مواد ثابتة تحت الاحوال المحيطة الحالية، والى تكوين مواد قابلة للذوبان في الماء.

وأهم عوامل التجوية الكيميائية هي التحلل المائي، والتكربن، والتأكسد، والذوبان.

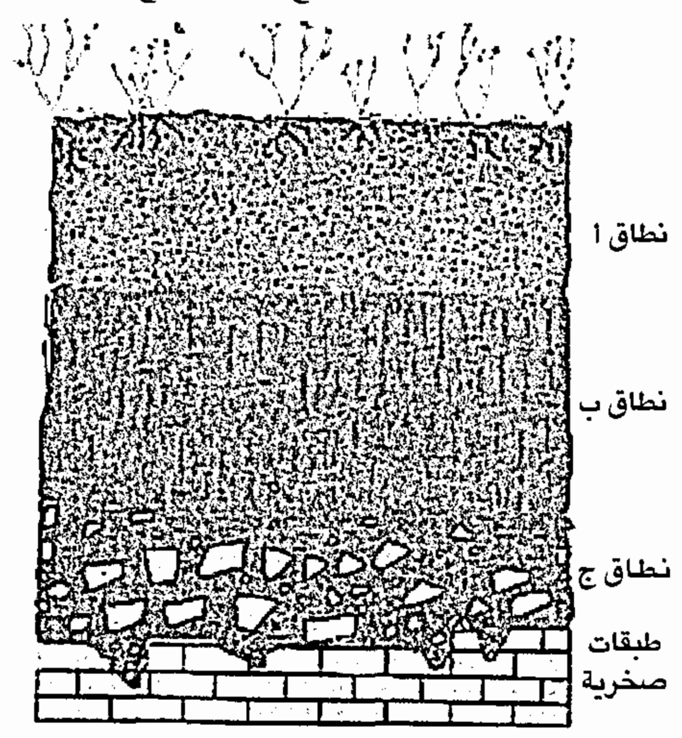
التربة

هي مواد طبيعية مفككة موجودة على سطح القشرة الارضية، تحوي كائنات حية ولها القدرة على إنبات النباتات.

تكونت التربة خلال فترة زمنية طويلة نسبياً نتيجة تداخل وتفاعل الغلاف الجوي مع الغلاف الصخري والحيوي.

تتكون التربة من 4 مكونات رئيسية: حبيبات معدنية مفككة، ومواد عضوية، وماء، وهواء.

والتربة مقسمة بشكل عام الى نطاقات وهي من أعلى إلى أسفل نطاق أ، ونطاق ب، ونطاق ج، واخيراً الطبقات الصخرية (شكل (5- 15)، نطاق " أ" ونطاق "ب" يكونان التربة الحقيقية (Solum) ، ومن صفاتهما نستطيع تمييز الأنواع المختلفة من الترب.



شكل (5 - 15) مقطع يبين التركيب النطاقي للتربة: نطاق الارتشاح (نطاق أ) ونطاق التراكم (نطاق ب)، ونطاق جـ) الذي يتكون من حطام وفتات صخري ثم الطبقات الصخرية.

النطاق أ تتركز فيه المواد العضوية والدبال (شكل 6- 15). وتغسل مياه الامطار منه المواد القابلة للذوبان في الماء، والحبيبات الصغيرة، وتنقلها الى الاسفل، لذلك يسمى نطاق الارتشاح (Eluvial horizon). وفي مناطق مختلفة يمكن تقسيم النطاق "أ" الى عدة تحت أ نطقة، منها:

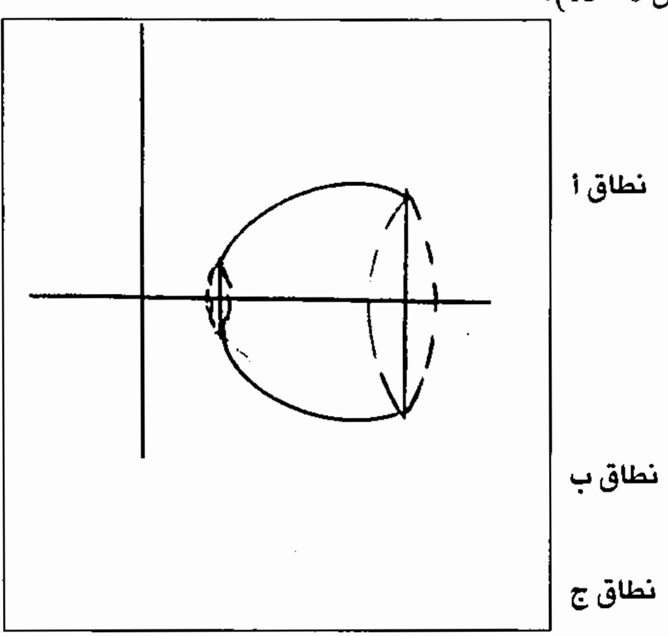
- تحت – نطاق أ $_0$. الذي يمتاز بتراكم بقايا النباتات.

- تحت – نطاق أ$_1$، الغني بالمادة الدبالية.

- وتحت – الأنطقة أ$_2$ ، أ $_3$ ...الخ

وفي نطاق ب يتم تركيز المواد التي تنقل من نطاق أ . لذلك يسمى نطاق التراكم (Illuvi-al horizon) . ويمكن تقسيمه الى عدة تحت - أنطقة، ب1 ، ب2 ... الخ.

اما النطاق ج فيتكون من حطام صخري، أثرت عليه عوامل التجوية، ولكنه لا ينتمي فعلاً الى التربة (شكل 6 - 15).



شكل (6 - 15) مقطع يبين التركيب النطاقي للتربة في منطقة شمال شرق مدينة اربد والتي تكونت فوق رماد وانسيابات بركانية بازلتية.

عوامل تكوين التربة

تتكون التربة نتيجة تفاعل وتداخل الاغلفة الثلاثة الصخري والجوي والحيوي، خلال فترة زمنية طويلة نسبياً. لذلك فإن عوامل تكوين التربة لها علاقة بهذه الاغلفة. فالمواد الام التي تتكون منها التربة تلعب دوراً في تكوين أنواع معينة من التربة، كذلك المناخ، والكائنات الحية التي تعيش على وداخل التربة، وتكون بقاياها جزءاً منه. كما أن للزمن والانحدار أهمية في تكوين التربة. ولا ننسى ان التربة جسم ديناميكي يتأثر باستمرار بعوامل التجوية الميكانيكية والكيميائية والحيوية.

المواد الأم

المواد الأصلية التي تتكون عليها التربة يمكن أن تكون صخور أو فتات صخري منقول. سرعة تأثر هذه المواد بعوامل التجوية يؤثر على سرعة تكوين التربة. كما أن تركيب المواد

الام المعدني له تأثير على التركيب المعدني للتربة، خصوصاً التربة حديثة التكوين. باتجاه نضوج التربة يصبح تأثرها بعوامل أخرى أكبر، وتبتعد التربة في تركيبها عن تركيب المواد الاصلية التي تكونت منها.

لقد تبين أن أنواع متشابهة من الترب تتكون من صخور مختلفة، وأنواع غير متشابهة تتكون من نفس نوع الصخور، مما يشير الى أهمية العوامل الاخرى خصوصاً المناخ.

المناخ

يعتبر أهم عامل في تكوين التربة. من خلاله يتحدد نوع التجوية السائد ومدى تأثيرها وعمقها، أي سمك التربة وخصوبتها. فتتكون في المناخات المختلفة أنواع مختلفة من التربة حتى من نفس نوع الصخور. وفي نفس المناخ يتكون أنواع متشابهة من الترب حتى ولو كانت الصخور الام غير متشابهة.

الكائنات الحية

تعيش الكائنات الحية، حيوانات ونباتات، على سطح التربة وداخلها، وبقاياها تكون المادة العضوية في التربة. وحسب عوامل البيئة المختلفة تحوي التربة نسبة قليلة أو كبيرة من المواد العضوية، وتكون بقايا النباتات أكبر جزء منها. على بقايا النباتات المتحللة تعيش حيوانات وكائنات مجهرية تحلل النباتات والحيوانات وتكون أحماضاً عضوية ودبال، وهي تعجل عملية التجوية، وتزيد من خصوبة التربة، وتساعد على ابقاء الرطوبة فيها.

تساعد كائنات حية مختلفة على زيادة خصوبة التربة مثل ديدان الارض التي تخلط التربة خصوصاً المواد العضوية التي تتغذى عليها، وآثار حركتها داخل التربة تساعد على تهوية التربة وعلى حركة الماء داخلها. وكائنات حية أخرى كأنواع معينة من البكتيريا تثبت نيتروجين الجو في التربة فتزيد بذلك من خصوبتها.

الانحدار

للانحدار تأثير كبير على تكوين التربة. كلما زاد الانحدار، كلما زاد التحات وزادت والتعرية. كما أن للإنحدار تأثير على كمية الماء الموجودة في التربة، فهي بشكل عام قليلة لانها تجري باتجاه الانحدار، وقد تكون غير كافية لنمو النباتات. نتيجة التحات على الانحدارات لا تتكون تربة سميكة عليها، واذا كان الانحدار كبير بحيث لا يبقى الفتات الصخري عليها فلا تتكون تربة بتاتاً.

كما أن لاتجاه الانحدار تأثير على نوع التربة المتكونة، وعلى الغطاء النباتي. فعلى المنحدارات الكبيرة باتجاه الشمال لا تشرق الشمس طويلاً في مناطقنا، والتربة تحتفظ بالرطوبة مدة أطول لان التبخر أقل منه على الانحدارات الجنوبية.

الزمن

التربة نطاق ديناميكي يتغير باستمرار مع الوقت. في بداية تكوينها تشبه التربة في تركيبها المعدني الصخور الام، ثم تتغير تدريجياً نتيجة غسل الحبيبات واذابة جزئية لمكوناتها المعدنية. فتبتعد تدريجياً في تركيبها المعدني عن الصخور الأم.

تصنيف التربة

تختلف أنواع التربة عن بعضها البعض من حيث صفاتها الفيزيائية والكيميائية والحيوية. وهذه تتأثر بشكل رئيسي بالعوامل المذكورة أعلاه مثل الصخور الام والمناخ... الخ.

الصخور الام تؤثر من حيث تكوينها المعدني وصفاتها الفيزيائية على التربة التي تتكون فوقها. والمناخ السائد يؤثر بشكل رئيسي، فلكمية الامطار تأثير كبير على أنواع المعادن التي تتكون أو تنقل من التربة. إذا كانت كمية الامطار كبيرة نسبياً، فان المواد الذائبة والحبيبات الصغيرة تتحرك مع الماء الى أسفل. أما إذا كانت قليلة وكانت كمية التبخر أكبر من كمية التساقط كما هو الحال في المناخات الجافة، فإن الرطوبة والاملاح الذائبة تصعد من أسفل الى أعلى في القنوات الشعيرية، ويتبخر الماء، وتترسب الأملاح على السطح او بالقرب منه، حيث قد تتكون تربة صلبة. في شمال الاردن وفلسطين وفي مناطق أخرى تكونت بهذه الطريقة صخور جيرية نسميها كاليش أو ناري، وفي الصحارى تكونت ترسبات جبسية في التربة.

من أهم صفات التربة الفيزيائية النسيج، وهو حجم وشكل وتوزيع الحبيبات. من خلاله تتحدد المسامية والنفاذية والتهوية والتصريف وحالة الرطوبة والنمو النباتي. والصفة الفيزيائية المهمة الثانية؛ التركيب وهو كيفية تكوين المادة الاسمنتية من دبال وطين. منها يتحدد نوع الكدر المتكون.

من الصفات الفيزيائية تتحدد بشكل عام قدرة التربة على امتصاص الرطوبة ومقاومتها للانجراف.

والصفات الكيميائية تعني التكوين الكيميائي، ومنه يتحدد ما إذا كانت التربة قلوية،

متعادلة او حامضية. وللجير أهمية في تحديد الحامضية؛ إذا كانت كميته قليلة تكون التربة حامضية، واذا كانت كبيرة تكون التربة قلوية.

حسب كمية الجير نميز بين مجموعتين من الترب:

1 - البيدوكال (Pedocal) وهي التربة الجيرية (cal تعني جير)، وهي تربة قلوية

2 - البيدالفير (Pedalfer) التي تحوي المنيوم Al وحديد Fe، وهي تربة حامضية

ويمكن تقسيم الترب حسب مقدار إعتمادها على العوامل السائدة في الاحزمة المناخية المختلفة الى ثلاث مجموعات.

1 - مجموعة الترب النطاقية (Zonal soils) : أنواع مختلفة من التربة لها علاقة بالاحزمة والانظمة المناخية والنباتية. إنها تتكون نتيجة تأثير مناخي وحيوي طويل الامد، وتصريف مائي جيد.

2 - مجموعة الترب بين - النطاقية (Intrazonal soils) : انها تتكون تحت تأثير ظروف خاصة؛ كأن تتكون من صخور معينة كالصخور الجيرية، أو بتواجد نسبة كبيرة من الملح، او اذا كان تصريف المياه سيء... الخ، يمكن أن تتكون الانواع المعينة التابعة لهذه المجموعة بين أنواع مختلفة من التربة النطاقية تحت ظروف خاصة.

3 - مجموعة الترب اللانطاقية (Azonal soils) : هي غالباً تربة حديثة غير ناضجة، غالباً لا يمكن تمييز أنطقة عمودية (طبقات) فيها أو يكون تمييزها صعباً جداً. كالتربة الحجرية التي تتكون باستمرار في المناطق الجبلية او الكثبان الرملية الحديثة.

الخلاصة

الطقس هو الأحوال الجوية المختلفة في مكان وزمان محددين. والمناخ هو مجموع الأحوال الجوية ومعدلاتها ومدى تغيراتها خلال مدة طويلة لا تقل عن 35 سنة.

عناصر المناخ هي نفسها عناصر الطقس وهي حرارة واشعاع وضغط جوي ورياح ورطوبة ومطر. هذه تتكون نتيجة تفاعل وتداخل عوامل أهمها الموقع الجغرافي والارتفاع عن سطح البحر وتوزيع اليابسة والبحر والضغوط الجوية والرياح والتيارات البحرية والتضاريس والغطاء النباتي.

أما التربة فهي المواد الطبيعية المفككة الموجودة على سطح القشرة الأرضية، ولها القدرة على إنبات النباتات.

تتكون التربة من حبيبات معدنية ومواد عضوية وماء وهواء.

وسنتعرض في الوحدة اللاحقة الى المفاهيم العامة المتعلقة بالجيولوجيا البيئية وتأثيرات الانسان في الأغلفة الصخرية والمائية والغازية والحيوية، والتلوث الذي يحدثه نتيجة نشاطاته المختلفة.

أسئلة وتمارين

1 - عرف المناخ والطقس واشرح باختصار أهم عناصرهما.

2 - ارسم شكلاً يبين حركة الرياح العامة على سطح الكرة وتوزيع احزمة الضغط.

3 - عرّف نقطة الندى والرطوبة النسبية والرطوبة النوعية، واشرح كيف يتكون المطر.

4 - اشرح صفات خمسة انواع من المناخات وبيّن انتشارها.

5 - عرّف التربة. أرسم شكلاً يوضح تركيبها، واشرح أهم عوامل تكوينها. ما المقصود بمجموعة الترب النطاقة.

الفصل السادس عشر

الجيولوجيا البيئية

البيئة

هي بشكل عام مجموع الأحوال الخارجية التي تحيط الإنسان؛ فهي البيئة الفيزيائية بعواملها الطبيعية من ماء وهواء ومناخ وصخور وتربة وتضاريس وحيوانات ونباتات.

وهي كذلك البيئة الثقافية التي تكونت وتتكون نتيجة لإنجازات الإنسان التقنية خصوصاً في المدن والقرى. وهي كذلك البيئة الإجتماعية لمجتمعنا الذي نحن أفراده.

فنحن نخلق باستمرار ظروفاً بيئية جديدة، مما يكون لها الأثر على ظروفنا الاجتماعية.

لقد ازداد عدد سكان الأرض زيادة كبيرة جداً، وساد الإنسان الأنواع الحياتية الأخرى، وأخذ يؤثر نتيجة عدده وتقدمه التقني على النظم البيئية الطبيعية التي كانت في حالة توازن قبل ظهوره، وخلق مشاكل بيئية عديدة أهمها الانفجار السكاني، فأصبحت الموارد في مناطق عديدة غير كافية للقاطنين فيها، مما أدى إلى خلق المشكلة الثانية وهي استنزاف الموارد، مما حد من هذه الموارد، والتلوث الذي يعتبر من أهم المشاكل البيئية في الوقت الحاضر.

هذه المشاكل أدت إلى تغيير ظروف النظام البيئي العام.

يحاول الإنسان دائماً إجراء تغييرات على بيئته بهدف تحسين أوضاعه، لكن كثيراً ما تكون النتيجة عكسية. نتائج بعض التغييرات حاسمة وسريعة ونتائج أخرى بطيئة فلا نعرف مداها البعيد، وقد تكون نتائجها ضارة جداً، وتكّون كارثة إنسانية، لا نستطيع إيقافها أو تجنبها بسرعة.

تغييرات كثيرة ضرورية ويجب تحمل نتائجها. بعض التغييرات تؤثر بشكل سلبي كبير على التوازن البيئي بحيث يصبح إعادة التوازن مكلفاً جداً، أكثر بكثير من الفائدة التي كنا نتوخاها من التغييرات. لذا يجب دراسة المشاريع التي تؤثر على بيئتنا بعناية كبيرة جداً، ويجب معرفة النظم الجيولوجية والحياتية، وكيف تعمل هذه النظم، حتى نستطيع أن نتوقع مسبقاً كيف يمكن أن تتأثر هذه النظم بالتغيرات المراد عملها.

فالإنسان يؤثر على الأنظمة المختلفة في الأغلفة الصخري والمائي والجوي والحيوي.

تأثيرات الإنسان في انظمة الغلاف الصخري

التحات

تتعرض مناطق كثيرة من التي يعمل فيها الإنسان لمعدلات تحات أكبر بكثير من المناطق البعيدة عن تأثيراته.

فمعدلات التحات في مناطق البناء ومد الشوارع أكبر بآلاف المرات من مثيلاتها المغطاة بأشجار الغابات.

حراثة الأراضي الزراعية ترفع من معدل تحاتها كثيراً. وبما أن مساحة الأراضي الزراعية كبيرة، وتزداد سنوياً، لذلك فإن تأثير الزراعة كبير جداً. كما أن استخراج المصادر في المناجم يزيد من معدل التحات.

معدل الزيادة في التحات التي يسببها الإنسان سنوياً حوالي 7 ترليون طن متري. وأكبر منها تسببه الزراعة.

الانهيالات

يؤثر الإنسان باستمرار على توازن المنحدرات ويسبب الانهيارات المختلفة. تحدث الانهيارات عامة نتيجة إزالة الدعم، كما حدث على امتداد طريق إربد - عمان جنوب شرق جرش وفي أماكن كثيرة أخرى، أو زيادة الحمل، كما حدث على نفس الطريق فوق جرش. كما أن بناء السدود يغير من توازن المنحدرات، مما قد يسبب انهيارات، كما حدث في سد فايرنت في إيطاليا عام 1963 مما سبب مقتل 2600 شخصاً.

النفايات

يتم التخلص من النفايات بطرق مختلفة قد يكون لها الأثر الكبير على الأغلفة المختلفة، لذلك سوف نشرح مشاكل التخلص من النفايات في مكان لاحق من هذا الفصل.

تأثير الإنسان على الغلاف المائي

يؤثر الإنسان باستمرار على أجزاء هذا الغلاف الهام، فالمياه تعتبر من أهم المصادر.

المياه الجوفية

المياه الجوفية مهمة جداً كمصدر للمياه خصوصاً في المناطق الجافة، لذا يجب المحافظة عليها واستغلالها بشكل مدروس ومنظّم.

ويمكن أن تتلوث المياه الجوفية نتيجة تسرب مواد سامة إلى الخزانات الجوفية، غالباً عن طريق الأنهار والأودية.

وكذلك يمكن أن تتقدم المياه المالحة على حساب المياه الحلوة على امتداد مستوى المواجهة، بسبب استنزاف المياه الحلوة من الآبار القريبة، كما يحدث حالياً في منطقة الأزرق في الأردن حيث يوجد خزانات تحتوي على مياه مالحة في الجنوب ومياه حلوة في الشمال. كثرة عدد الآبار المنتجة للمياه واستنزاف المياه الحلوة قلل من ضغتها على امتداد مستوى المواجهة بين النوعين من المياه. وهناك خوف من أن يحدث مثل هذا الاستنزاف في منطقة العقبة.

الأنهر

حاول الإنسان منذ القدم تغيير مجاري الأنهر للإستفادة من مياهها. فقد بنى السدود ومد القنوات منها وعمَّر المدن والقرى على جانبي مجاريها. يؤثر الإنسان بعمله هذا على عملية التوازن الطبيعي الذي وصل إليه عبر التاريخ، لذا تحصل تصحيحات وتغييرات على امتداد مجاري هذه الأنهر بعد بناء السدود، ومن أهم هذه التغييرات ما يلي:

1- أكبر كمية من الرواسب تترسب خلف جسم السد، والمياه التي تجري أسفل السد تكون خالية تقريباً من الحمولة لذلك تكون سرعتها أكبر، ولها عمل تحاتي كبير يؤثر على مجرى أسفل السد بشكل فعال.

2- عمل بحيرة صناعية خلف جسم السد يؤثر على أحوال المياه الجوفية في المنطقة، كما قد يؤثر على التوازن الأيزوستاتيكي ويسبب هبوط المنطقة.

3- نقصان حمولة الأنهر يقلل من تقدم دلتاءاتها أو حتى يوقفه وقد يسبب تراجع الدلتا إذا كانت الأمواج الشاطئية قوية، بحيث تعمل على حت و إزالة أجزاء من الدلتا.

4- حجز مياه خلف السدود يسبب إنخفاض ضغوط المياه الجوفية على امتداد مستوى التواجه مع المياه الجوفية المالحة في الدلتا مما يجعل المياه المالحة تتقدم باتجاه اليابسة وتؤثر على خزانات المياه الجوفية.

نهر النيل وبناء سد أسوان عليه من الأمثلة الحديثة على تغيّر الأحوال البيئية على إمتداد مجرى النهر نتيجة بناء هذا السد الكبير. لقد تباطأ تقدم الدلتا، حتى أن بعض أجزائها قد تراجعت بفعل الأمواج البحرية. كما أن خصوبة تربتها التي كانت مياه الفياضانات تغطيها وتمر فيها وتغسل أملاحها قد تراجعت.

مياه النهر التي تخلصت من حمولتها الصلبة خلف السد، أصبحت أسرع جرياناً أسفله، مما زاد في قدرتها على جرف مجراها.

المياه الجوفية حول بحيرة ناصر تأثرت بشكل كبير. إنخفاض كمية المواد العضوية التي أصبحت تصل إلى البحر بعد بناء السد أثرت على الحياة أمام الدلتا.

كما أن الإنسان يتخلص من كثير من النفايات برميها في الأنهار. ومما يزيد من سميَّة وتلوث الأنهر غسل مياه الأمطار للأملاح والأسمدة والمبيدات من التربة قبل أن تصب في الأنهر.

كذلك يؤثر بناء المدن والقرى على جانبي مجاري الأنهر على البيئة النهرية، فبناؤها وما يصحبه من بناء شوارع وطرق يؤثر على كمية الإرتشاح وكمية الجريان السطحي.

تلوث الغلاف الجوي .

أثر ويؤثر الإنسان باستمرار من خلال إطلاقه أنواعاً من الغازات والمواد المختلفة إلى الغلاف الجوي على تكوين وصفات الغلاف الجوي الكيميائية والفيزيائية، خصوصاً فوق المدن الصناعية، حيث تقذف إلى الجو ملوثات كالغازات أو أكسيد الكربون و أماسيد الكبريت و النيتروجين وغازات هيدروكربونية وغبار دقيق.

كما أن نسبة ثاني أكسيد الكربون تزداد تدريجياً نتيجة ازدياد حرق مصادر الطاقة المستحاثية من بترول أو غاز أو فحم حجري. فقد ازدادت نسبة ثاني أكسيد الكربون نحو حوالي 13% خلال المائة سنة الأخيرة. لهذه الزيادة تأثيرات مناخية، حيث ينتج عنها زيادة في درجات الحرار، لأن ثاني أكسيد الكربون يمتص الحرارة القادمة من الشمس والخارجة من الأرض.

تأثيرات الغلاف الحيوي

الحياة موجودة على الأرض لاجتماع ظروف مختلفة ملا ئمة؛ فدرجات الحرارة مناسبة تبقى في معظم أجزاء الأرض في حالة سيولة، والغلاف الجوي الذي يحوي طبقة الأوزون يحمي الأرض من الإشعاعات الضارة ويحافظ كذلك على التوازن الحراري. ويحوي ثاني أكسيد الكربون الذي تصنع الكائنات الحية (النباتات) منه ومن الماء تحت تأثير أشعة الشمس مواد نباتية (هيدروكربونية)، تتغذى عليها كائنات حية أخرى، وتخرج الأكسجين الذي تأخذه الحيوانات لتحرق بواسطته المواد الغذائية (الهيدروكربونية) التي تستمد منها الطاقة اللازمة للقيام بالنشاطات الحيوية.

ويتكون نتيجة هذا الإحتراق أو التأكسد ثاني أكسيد الكربون الذي تحتاجه النباتات.

التغيير في تركيب الغلاف الجوي يغير في التوازن الحياتي، كذلك التغيير في الأغلفة الأخرى المائي والصخري يؤثر على التوازن الحياتي.

الإنسان ساد على الأرض وسيطر على الأنواع الأخرى، ومن خلال ممارسته ونشاطاته المختلفة قضى على أنواع نباتية وحيوانية عديدة. وقضى على مساحات شاسعة من الغابات. في الأردن كانت الغابات تغطي الجبال الشرقية، لم يبق إلا القليل. كما قضى الإنسان في الأردن على عدد من الحيوانات كغزال المها وغيرها.

البحيرات والبحار والمحيطات

البحيرات هي أجسام مائية مؤقتة موجودة على اليابسة وتصب فيها أنهار. قد تكون البحيرات المطاف الأخير لهذه الأنهر، وقد تخرج منها بعد أن تتخلص من حمولتها. على كل الأحوال الأنهار تتخلص من حمولتها في البحيرات وتوصل لها الملوثات من بقايا الأسمدة والمبيدات، لذلك تصبح البحيرات تدريجياً ملوثة وخصوصاً إذا تخلصت المصانع المحيطة من نفاياتها فيها، بالإضافة إلى حمولة الأنهر. هذا يسبب تغيير التوازن الطبيعي؛ فقد يسبب تواجد الأسمدة التي تتراكم بقاياها على القاع نفاذ الأكسجين وتحول البيئة القاعية إلى بيئة مختزلة لا تسمح بانتشار الحياة عليها وتدريجياً تتحول البحيرة إلى مستنقع.

يحاول الإنسان في بلدان كثيرة المحافظة على بيئة البحيرات نظيفة بطرق مختلفة ولكنها مكلفة. يجب قبل كل شيء عدم السماح بأن تكون البحيرات مكبات للنفايات.

ظن الإنسان لأن البحار والمحيطات واسعة أنها مكبات هائلة لجميع أنواع النفايات، وظن في البداية أن تأثر المحيطات بالنفايات ضئيل لكبر حجمها. كما أن الإنسان بنى على شواطئ المحيطات الموانئ وأثر بذلك على عملية التحات والترسيب فيها.

والأنهر العالمية تصب في البحار والمحيطات وتجلب معها جميع أنواع الملوثات. والسفن خصوصاً حاملات النفط التي تُغسل في المحيطات ويخرج من كثير منها النفط والسوائل الملوثة إلى مياه المحيطات. هذا كله أصبح يؤثر على المحيطات وعلى الحياة البحرية فيها. يجب أن تضع الأمم المتحدة حداً لهذا التلوث.

التخلص من النفايات

التخلص من النفايات أصبحت مشكلة جيولوجية كبيرة جداً، بعد أن ازداد عدد البشر، وازدادت كمية النفايات وتنوعت، خصوصاً وأن كثير من النفايات الصناعية سامة.

النفايات الصلبة

تخلص الإنسان من معظم النفايات الصلبة بواسطة تجميعها في مكبات فوق الأرض،

ولكن قد يتخلص منها بوضعها في المحيطات أو بحرقها كلياً أو جزئياً حسب نوعها، ويمكن استعمال بعض النفايات بعد معاملتها كسماد. والمكبات تغير بيئة وطبوغرافية المناطق التي توضع فيها.

من أهم المشاكل التي يمكن أن تسببها المكبات هي تلويث المياه الجوفية عن طريق الأمطار التي تغسل المواد القابلة للذوبان من نفايات المكبات وتنقلها معها.

لذا يجب أن تكون الصخور التي توضع فوقها المكبات كتيمة، بحيث لا توصل المياه الملوثة إلى المياه الجوفية. كما أنها لا تقطع مستوى المياه الجوفية. كما يجب التأكد بأن التغيرات الطبوغرافية لا تغير اتجاه التصريف بالشكل الذي يجعلها تؤثر على المياه الجوفية والسطحية.

النفايات السائلة

كان الإنسان يتخلص من النفايات السائلة بجعلها تصب في المياه السطحية من الأنهر والبحيرات والمحيطات. كانت المياه السطحية تستطيع إمتصاص تأثيرات هذه النفايات. أي أنها كانت تكون جزءاً من النظام البيئي الطبيعي، لا تؤثر على توازنه.

لكن كمية هذه النفايات ازدادت ازدياداً كبيراً، وأنهر عديدة أصبحت ملوثة وكأنها عبارة عن نفايات جارية. كان لا بد من معالجة هذه المواد قبل طرحها في النظام المائي وجعلها جزءاً من الدورة المائية.

كما أن المياه التي تستعمل في تبريد المفاعلات النووية لها تأثير على البيئة مع أنها غير ملوثة، إلاّ أن إرتفاع درجة حرارتها يؤثر على محيطها.

النفايات الغازية

كان الإنسان يطلق الغازات و الغبار الدقيق إلى الجو، وكانت هذه الكميات القليلة نسبياً تُخَفف في الغلاف الجوي، الذي كان يمتص تأثيراتها.

أما الآن أصبحت تُطلق في كثير من المناطق الصناعية كميات هائلة من الغازات الضارة التي تؤثر على تركيب وصفات الغلاف الجوي، فقد أصبح لا يقدر على امتصاصها وتوزيعها، لذا تتكون في كثير من المناطق أمطار حامضية.

النفايات المشعة

تسبب هذه النفايات أكبر المشاكل لاحتواءها على مواد مشعة ذات نصف عُمر انشطار كبير. لذا يجب إبعادها عن الكائنات الحية لمدة طويلة – بضعة آلاف من السنوات–؛ أي يجب تخزينها بعيداً لمدة طويلة بحيث لا تؤثر على الكائنات الحية.

لقد أصبحت هذه مشكلة جيولوجية لأنها تتطلب معرفة الطبقات التحت سطحية التي يمكن أن تخزن فيها هذا النفايات.

لقد وجد الجيولوجيون أن أفضل الطبقات الجيولوجية لتخزين النفايات المشعة هي الطبقات الملحية، وذلك لأنها غير نفاذة ولا تمرر المياه الجوفية، كما أنها تتشكل بشكل لدن إذا أثرت عليها قوى ولا تتكسر، أي أنها تبقى غير نفاذه

وكذلك فإنها من الإشعاع وتمتص الحرارة الناتجة منه، لذا فإن مناجم الملح القديمة البعيدة عن النشاط الزلزالي تعتبر أفضل الأماكن لتخزين النفايات المشعة والتخلص منها.

توضع هذه النفايات في حاويات خاصة اسطوانية الشكل، منها ما يصل طرها إلى 60 سم وطولها 3 متر. توضع في آبار تحفر داخل المناجم مالللحية بعد أن تمتلئ الآبار بالحاويات، تطمر الحاويات بالملح وتغلق الآبار.

الخلاصة

البيئة هي جميع الأحوال التي تحيط بالإنسان. نميز بين البيئة الفيزيائية ،البيئة الثقافية والبيئة الاجتماعية.

تهتم الجيولوجيا البيئية في علاقة الإنسان بالبيئة الفيزيائية، ووظيفتها هي استعمال المعرفة المكتسبة من الدراسات الجيولوجية في حل المشكلات البيئية. كانت البيئة في حالة توازن قبل ظهور الإنسان. بعد ظهوره كانت احتياجاته في بادئ الأمر بسيطة ومتوفرة في الطبيعة. ثم مع مرور الزمن زاد عدد أفراده زيادة كبيرة جداً وساد الأنواع الحياتية الأخرى، فخلق بذلك مشكلات بيئية عديدة أهمها: 1- الإنفجار السكاني، 2- التلوث، 3- استنزاف الموارد، 4- تغيير ظروف النظام البيئي العام.

يجري الإنسان باستمرار تغييرات على بيئته بهدف تحسين أوضاعه، ولكن كثيراً ما تكون النتيجة عكسية. لا شك في أن كثيراً من التغييرات ضرورية ويجب تحمل نتائجها. لكن يجب دراسة المشاريع التي تؤثر على البيئة بعناية كبيرة جداً، قبل تنفيذها.

من أهم التغييرات التي أحدثها الإنسان تغيير مجاري الأنهار، وبناء السدود عليها، وتشييد المدن والقرى على امتداد مجاريها وعلى السواحل، وتلويث مياهها، والمياه الجوفية

ومياه البحيرات والبحار. كما أثر الإنسان على تركيب الغلاف الجوي نتيجة حرق المواد المختلفة واستعمالاته لمواد معينة.

وأثر الإنسان على الغلاف الحيوي؛ فقضى في مناطق عديدة على الغطاء النباتي، وسبب في انقراض أنواع حيوانية عديدة.

و أثّر الإنسان على الغلاف الصخري من خلال الزراعة والمنشآت المختلفة مسبباً ازدياداً كبيراً في التحات والتعرية.

وأثّر من خلال إنتاجه للنفايات والتخلص منها على الأغلفة الصخري والمائي والحيوي.

لقد أصبحت النفايات والتخلص منها مشكلة جيولوجية كبيرة، بعد أن ازداد عدد البشر وازدادت كمية النفايات وتنوعت.

أسئلة وتمارين :

1- عرف البيئة؟ اشرح بشكل عام تأثيرات الإنسان في الغلاف المائي؟

2- ما هي تأثيرات الزراعة وبناء المنشآت المختلفة على الغلاف الصخري؟

3- ما هي أهم المشاكل التي يمكن أن تسببها مكبات النفايات الصلبة؟

4- ما هو سبب زيادة ثاني أكسيد الكربون في الجو؟ وما هو الأثر الذي تتركه هذه الزيادة؟

5- ما هي أفضل طريقة للتخلص من النفايات المشعة؟

الفصل السابع عشر

الزمن الجيولوجي

حتى نستطيع التعرف على تاريخ الأرض وفهم العمليات والحوادث الجيولوجية وتعاقباتها ومعدلات تغيرها، لا بد من تحديد عمر الصخور والعمليات والحوادث الجيولوجية.

يمكن تحديد العمر النسبي بطرق مختلفة،كما يمكن تحديد عمر الصخور المطلق بالسنوات بطرق مختلفة.

تحديد العمر النسبي

المقصود بتحديد العمر النسبي هو إيجاد اذا كانت صخور محددة أو طبقات معينة أقدم من اخرى أو أحدث منها. يوجد طرق مختلفة لتحديد العمر النسبي أهمها:

- التعاقب الطبقي (Superposition).
- نسب تقاطع الأجسام والمستويات الجيولوجية (Crosscutting relations).
- مستويات لا التوافق (Unconformity).
- التعاقب المستحاثي (Faunal succession).

التعاقب الطبقي

وجد ستينو سنة 1764 أنه أثناء عملية الترسيب، الطبقات الأحدث تترسب فوق الأقدم. أي أنه في تتابع طبقي عادي، الطبقات الموجودة فوق، أحدث من الطبقات الموجودة تحتها. فوضع بذلك مبدأ التطبق العام (Principle of Superposition). وأسس علم الستراتيغرافيه الصخرية (Lithostratigraphy) .

لقد أصبح من الممكن تحديد العمر النسبي للصخور، ومضاهاتها مع بعضها البعض، ولكن في أماكن محدودة. لا نستطيع بهذه الطريقة مضاهاة صخور متكشفة بعيدة عن بعضها البعض، ناهيك من قارة إلى قارة، لأن جميع أنواع الصخور يمكن أن تكون قد تكونت في عصور جيولوجية مختلفة.

نسب التقاطع

نسب تقاطع الأجسام والمستويات الجيولوجية.

الأجسام والمستويات الأحدث تقطع الأقدم. الفوالق التي تقطع الصخور، حدثت بعد

تكوين الصخور فهي أحدث منها، والفوالق الأحدث تقطع الفوالق الأقدم. الصخور النارية الأحدث تقطع الأقدم. وإذا قطعت صخور رسوبية فهي أحدث منها (شكل 1-16). وإذا أحاطت الصخور النارية بأي نوع من الصخور فهي أحدث منها. الإحاطة (Inclusion) بشكل عام تشير إلى أن الصخور المحيطة هي الأحدث.

مستويات اللا توافق (Unconformity)

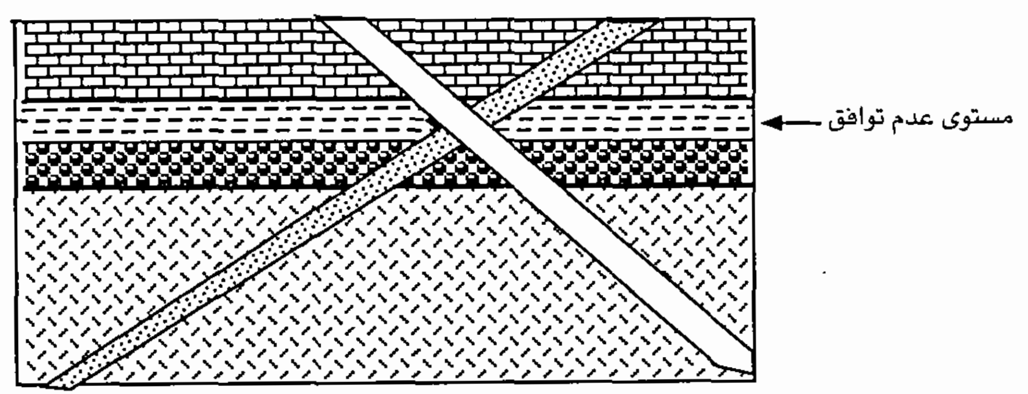
مستوى اللاتوافق هو مستوى تعرية أو عدم ترسيب يفصل بين صخور وطبقات قديمة في الاسفل وبين طبقات حديثة في الأعلى. وهو يدل على أن جزءاً من تاريخ الأرض غير ممثل بترسبات، أي أن السلم الجيولوجي غير كامل.

أ. مستوى عدم توافق (Nonconformity)

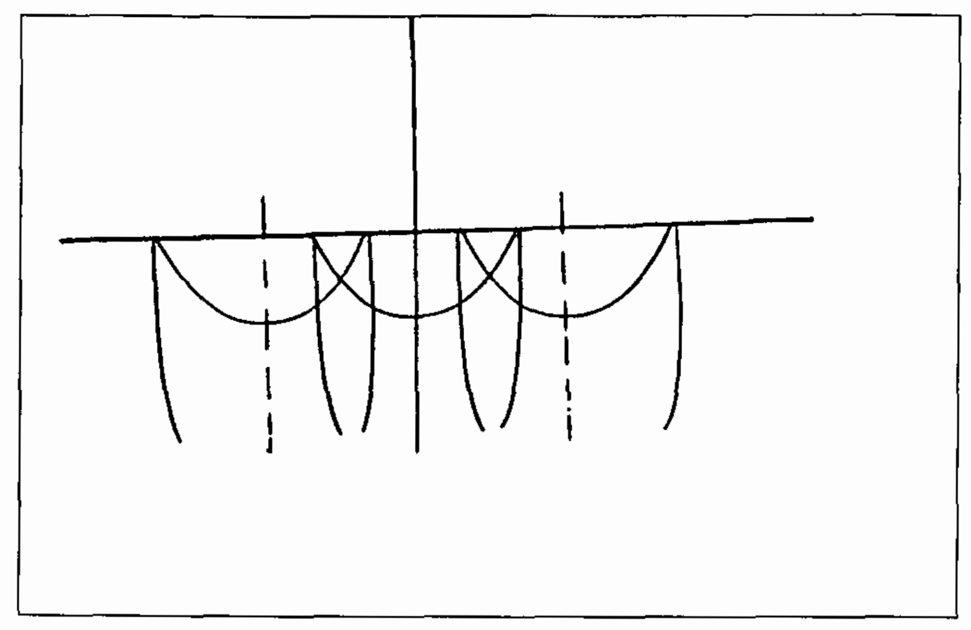
هو مستوى تعرية يفصل بين صخور نارية أو متحولة وبين صخور رسوبية أحدث منها، شكل (1-17) و (9-14).

ونستطيع أن نتعرف على مستويات عدم التوافق في الميدان بسهولة. فالطبقات التي تعلو هذه المستويات تحتوي قطعاً ومواد من الصخور أسفلها، كما أنه لا يوجد أي نوع من تحول التماس في الطبقات التي تعلو مستويات عدم التوافق مباشرة، والصخور النارية أو المتحولة أسفل هذه المستويات تنتهي مباشرة عند هذه المستويات.

مستويات عدم التوافق تفصل بين ما قبل الكمبري والكمبري في مناطق واسعة من جنوب الأردن (شكل 2-17) .



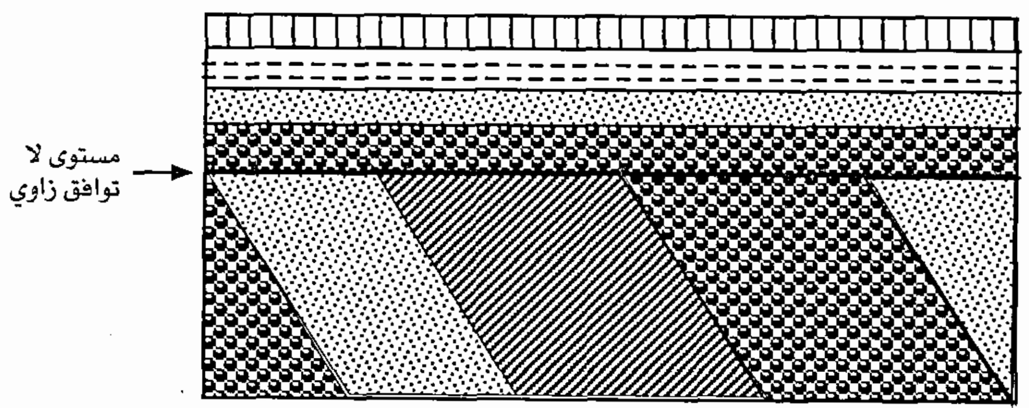
شكل (1-17) : القاطع على اليمين يقطع كل الصخور الموجودة النارية والرسوبية ويقطع القاطع على اليسار، لذلك فهو أحدث الصخور الموجودة. القاطع على اليسار قطع الصخور النارية في الأسفل والرسوبية لذلك فهو أحدث منها. يفصل مستوى عدم توافق الصخور النارية تحته عن الصخور الرسوبية الأحدث الموجودة فوق هذا المستوى.



(شكل 2-17): صخور القاعدة النارية، تعلوها صهور رسوبية رملية غرب القورة، جنوب الأردن.

ب. مستوى لا توافق زاوي (Angular unconformity)

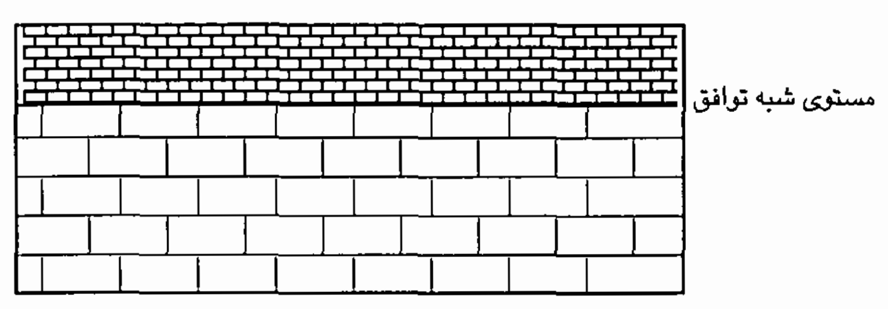
هي مستويات تعرية تفثل بين طبقات مائلة في الأسفل وأخرى أفقية أو مائلة باتجاهات و/ أو درجات مختلفة فوقها (شكل 3-17). ومن هذه المستويات نستطيع أن نستنتج ما حدث في المنطقة. فبعد أن كانت المنطقة مغمورة في المياه وترسبت الطبقات أسفل مستويات اللاتوافق، أثرت عليها قوى جعلت الطبقات مائلة، و رفعتها فوق مستوى سطح الماء، حيث أثرت عليها عوامل التجوية والتعرية وعرتها حتى مستوى اللاتوافق، ثم أثرت عليها قوى سببت إنخفاضها تحت مستوى سطح الماء فترسبت الطبقات فوق هذا المستوى. وإذا كانت الطبقات فوق مستوى اللا التوافق مائلة فتكون قد أثرت عليها قوى أخرى.



شكل (3-17) تمثيل لمستوى اللاتوافق الزاوي والذي يفصل بين الطبقات الرسوبية المائلة وطبقات أفقية.

جـ. مستويات شبه توافق (Disconformity)

هنا يفصل مستوى اللاتوافق طبقات متوازية تقريباً ولكن الفاصل يدل على أنه مستوى تعرية له تضاريسه الخاصة (شكل 4-17). خذا يدل على أن القوى التي أثرت على المنطقة لم تسبب إجهاد الطبقات كثيراً. يوجد في الأردن أمثلة كثيرة على هذا النوع من شبه التوافق. فمثلاً في وادي الكرك صخور الكريتاسي السفلي الرملية موجودة فوق صخور الكمبري الرملية مباشرة. والطبقات أسفل شبه التوافق موازية للطبقات أعلاه تقريباً.



شكل (4-17): يمثل مستوى شبه التوافق والذي يفصل بين الطبقات الرسوبية المتوازية ولكن الفاصل يدل على وجود تعرية ووجود تضاريس على سطح الشبه توافقي.

التعاقب المستحاثي والمضاهاة (Faunal Succession and Correlation)

عندما وجد مهندس المياه الإنجليزي سمث (1817) إن لكل طبقة مستحاثات تميزها، ووضع بذلك مبدأ الكائنات الحية (Principle of faunal succession)، بدأ علم الستراتيغرافية العضوية (Biostratigraphy)، وأصبح من الممكن إيجاد العمر النسبي للصخور ومضاهاتها من قارة إلى قارة.

مبدأ تعاقب الكائنات الحية مبني على أساس أن أنواع الكائنات الحية المختلفة ظهرت مرة واحدة في تاريخ الأرض. وإذا هي إنقرضت، فإنها لن تظهر مرة أخرى. وإذا هي تواجدت في طبقة فإنها تميز هذه الطبقة عن الطبقات التي أقدم والتي أحدث منها، أي أن المحتوى المستحاثي يميز الطبقات.

وإذا كان المحتوى المستحاثي لطبقات في مكان ما يساوي المحتوى المستحاثي لطبقات في مكان آخر، فإن الطبقات في المكان الأول تساوي عمراً أي تضاهي الطبقات في المكان الثاني. وبواسطة المستحاثات نستطيع مضاهاة (Correlation) الصخور من قارة إلى قارة.

إذا رتبنا الأنواع المختلفة للمستحاثات حيب زمن ظهورها في تاريخ الأرض، نكون قد وضعنا مقياساً نقيس فيه العمر النسبي للطبقات حسب محتواها المستحاثي. ونستطيع أن

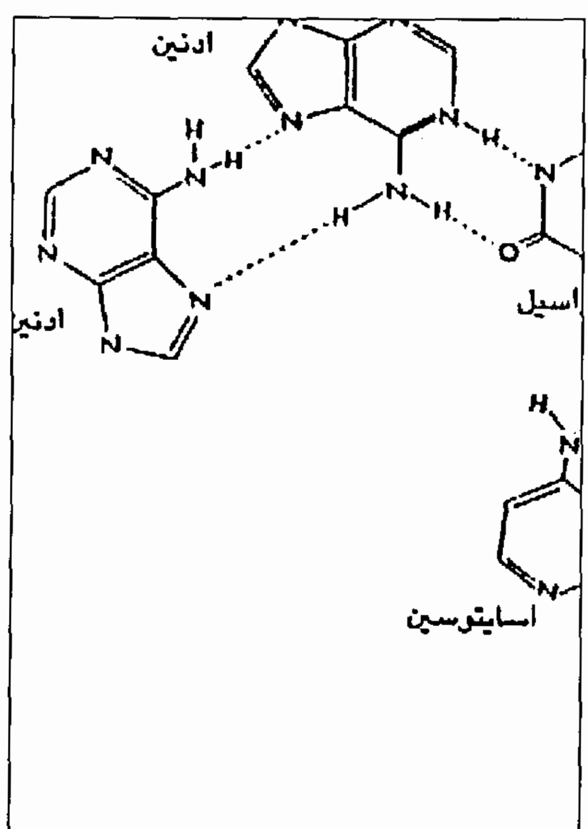
نحدد إذا كانت الطبقات أحدث أو أقدم من طبقات أخرى أو لها نفس عمرها حسب محتواها المستحاثي.

لتحديد عمر الطبقات النسبي بشكل دقيق نستعمل مستحاثات دالة. هذه مستحثات ظهرت وانتشرت أفقياً انتشاراً واسعاً وفي بيئات مختلفة، وانقرضت بعد ظهورها بمدة قصيرة، ولها صفات مميزة.

نستطيع أن نضاهي الطبقات المتكشفة أو المحفورة في أماكن مختلفة مع بعضها البعض بواسطة المستحاثات الدالة بشكل أدق.

المستحاثات (Fossils) وتصنيفها

هي بقايا وآثار الكائنات الحية الموجودة في الصخور، خصوصاً الصخور الرسوبية (شكل 5-17).



شكل (5-17): بقايا كائنات حية حفظت في صخور رسوبية. تكوين عمان وادي الخفر غرب اربد

وعلم المستحاثات (Palaeontolgy) هو العلم الذي يدرس هذه البقايا والآثار، وذلك لأسباب أهمها:

1) تعيين عمر الصخور النسبي.
2) الاستدلال على بيئات الترسيب القديمة.
3) دراسة الحياة وتغيراتها عبر العصور الجيولوجية.

تصنف المستحاثات كالكائنات الحية المنتشرة حالياً إلى مجموعات أساسها النوع (Species). والنوع مجموعة من الكائنات الحية التي تقطن نفس البيئة، وتتكاثر بحرية بين بعضها البعض في الطبيعة. هذا لا نستطيع تحديده تماماً بالنسبة للمستحاثات. أنواع المستحاثات هي بقايا الكائنات الحية أو

آثارها التي لها نفس الصفات والمقاييس. علماً بأن هناك أنواعاً لها أشكال مختلفة (Di-morphism) مثل المنخريات وغيرها. ولكن يمكن تميزها إذا توفرت شروط معينة.

النوع هو الوحدة الطبيعية الوحيدة، وتجمع الأنواع على أساس التشابه والتسلسل في أجناس (Genera)، وهذه في عائلات (Families)، والعائلات في رتب (Orders)، وهذه في صفوف (Classes) والصفوف في شعب (Phyla, Divisions) والشعب في مملكات (King-doms). وتقسم الكائنات الحية إلى خمس مملكات:

1. مملكة البدائيات (Kingdom of Monera): كائنات حية دقيقة وحيدة الخلية بدون نواة.
2. مملكة الطلائعيات (Kingdom of Protista): كائنات حية وحيدة الخلية، لها نواة أو أنوية مميزة ومحاطة بأغشية.
3. مملكة الفطريات(Kingdom Fungi): كائنات حية بسيطة، خلاياها تشبه الخلايا النباتية، لكنها لا تقوم بعملية التمثيل الضوئي، أي أنها ليست ذاتية التغذية.
4. مملكة النباتات (Kingdom Plantae): كائنات متطورة، عديدة الخلايا، ذاتية التغذية.
5. مملكة الحيوانات (Kingdom Animalia): كائنات متطورة، عديدة الخلايا، ليست ذاتية التغذية.

وعند وصف المستحاثات أو الكائنات الحية تستعمل التسمية المزدوجة (Binomial no-menclature) لعالم النبات (V. Lenne`)، حيث يعطي كل كائن حي أو مستحاث اسمان؛ الأول اسم الجنس ويبدأ بحرف كبير. والثاني اسم النوع ويبدأ بحرف صغير.

السلم الجيولوجي

لقد ميزت في بداية الدراسات الجيولوجية سلسلة تكاوين صخرية متعاقبة حسب تكشفات في أوروبا.

ثم وضع السلم الجيولوجي غالباً حسب التتابعات المستحاثية في هذه التكاوين، أي أعمارها النسبية.

قائمة (1-17): السلم الجيولوجي يبين الدهور والحقب والعصور الجيولوجية واقسامها واهم الحوادث التي حدثت في تاريخ الأرض

دهر(Eon)	حقبة(Era)	عصر(Period)		الزمن (بالمليون سنة)	حوادث مميزة
الفانازوزوي (Phanerozoic)	السينوزوي (Cenozoic)	الرباعي (Quaternary)		0.01 - 1.6	عصر جليدي، ظهور الانسان
		الثلاثي (Tertiary)	النيوجين	23.7	سيادة الثديات واتساع انتشارها
			الباليوجين	66.4	
	الميزوزوي (Mesozoic)	الكريتاسي (Cretaceous)		144	إنقراض الداينوصوريات ومجموعات أخرى، ظهور مغطاة البذور
		الجوراسي (Jurassic)		208	ظهور الطيور والثديات
		الترياسي (Triassic)		245	بداية ظهور الثديات، ظهور الداينوصوريات، ظهور الحيوانات المرجانية الحديثة
	الباليوزوي (Palaeozoic)	البيرمي (Permian)		286	انقراض لمجموعات مختلفة انتشار النباتات الابرية والزواحف والبرمائيات عصر جليدي
		الكربوني (Carboniferous)		360	ظهور الزواحف، غابات واسعة - تكوين فحم
		الديفوني (Devonian)		408	ظهور البرمائيات، انتشار الاسماك بشكل كبير. انتشار النباتات وتطورها
		السيلوري (Silurian)		438	ظهور النباتات الوعائية تكوين أول شعاب مرجانية
		الأوردوفيشي (Ordovician)		505	ظهور الفقاريات والحيوانات المرجانية عصر جليدي في جوندوانا
		الكمبري (Cambrian)		570	ظهور اللافقريات ذات الاصداف
		الأدياكاري (Ediacarian)		700	ظهور حيوانات عديدة الخلايا كبيرة الحجم بدون أصداف. عصر جليدي
ما قبل الكمبري (Precambrien)	البروتازوزوي (Proterozoic)	المتاخر		900	مستحاثات قليلة، ظهور اليوكاريوتا، بداية التكاثر الجنسي.
		المتوسط		1600	
		المبكر		2500	
	الآركي (Archean)	المتاخر		3000	ظهور البروكاريوتا (كائنات حية وحيدة الخلية بدون انوية)
		المتوسط		3400	
		المبكر		3800	

وقورنت التتابعات الصخرية في الأماكن الأخرى في العالم حسب محتواها المستحاثي بمثيلاتها في السلم الجيولوجي، وأعتبر أن لها نفس العمر، أي أنها تضاهيها، إذا كانت تحوي نفس المستحاثات.

وقسم الزمن الجيولوجي حسب العمر النسبي إلى دهور (Eons) وهذه إلى حقبات (Eras)، والحقبات إلى عصور (Periods)، والعصور إلى عهود (Epochs)، والعهود إلى أعمار (Ages).

وقسم في المقابل العامود الجيولوجي أي الطبقات إلى تجمعات (Eonothems) والتجمعات إلى مجموعات (Erathems)، وهذه إلى أنظمة(Systems) والأنظمة إلى أنسقة (Series)، والأنسقة إلى طوابق (Stages).

وعندما نقول عصر الكمبري نعني فترة زمنية محدودة، وعندما نقول نظام الكمبري نعني الطبقات التي ترسبت في عصر الكمبري وهكذا بالنسبة للوحدات الأخرى (قائمة 2-17).

قائمة (2-17): تبين الوحدات الجيولوجية.

وحدات استغرافية صخرية	وحدات استغرافية زمنية
تجمع (Eonothem)	دهر (Eon)
مجموعة (Erathem)	حقبة (Era)
نظام (System)	عصر (Period)
نسق (Series)	عهد (Epoch)
طابق (Stage)	عمر (Age)

سمي الزمن الجيولوجي منذ بداية ظهور المستحاثات الكبيرة حتى الآن دهر الفاناروزوي (Phanerozoiceon)، وقسم إلى ثلاث حقبات، هي:

حقبة الباليوزي (Paleozoic) وهي حقبة الحياة القديمة، والميزوزي (Mesozoic) أي حقبة الحياة المتوسطة، والسينوزوي (Cenozoic) أي حقبة الحياة الحديثة.

وسميت الفترة الزمنية منذ بدأ تكوين الصخور على الأرض وحتى بداية أقدم عصر في الباليوزي وهو عصر الكمبري دهر ما - قبل الكمبري (Precambrian)، أو الكريبتوزوي (Cryptozoiceon) (قائمة 1-17).

الكريبتوزوي أو ما - قبل الكمبري

يكون هذا الدهر أجزاء كبيرة من القشرة القارية، ويمتاز بكميات كبيرة من الصخور النارية والمتحولة بدرجات عالية من التحول، وكذلك بسماكات كبيرة من الصخور الرسوبية والبركانية التي تأثرت بعمليات تكوين جبال من طي وتحول وتداخلات جرانيتية. صخوره منتشرة في قلب القارات ومتكشفة على شكل دروع كالدرع العربي والنوبي وغيرها. استمر الكريبتوزوي حوالي 4 بليون سنة، ويقسم إلى الأركي (Archean) والبروتاوزوي (Pro-terozoic)، وكل منهما إلى ثلاث حقبات. صخور القاعدة الأردنية من عمر البروتاروزوي الحديث متكشفة في منطقة العقبة وعلى إمتدات وادي عربة وهي مكونة من جرانيت بأنواعه وصخور باطنية أخرى وصخور متحولة ورسوبية كرصيص السرموج.

الباليوزوي

تمتاز صخوره عن صخور ما قبل الكمبري بأنها تحوي مستحاثات، وبأن درجة تأثرها بالعمليات الجيولوجية المختلفة أقل بكثير منها. وقسمت غالباً حسب التكشفات في إنجلترا إلى العصور الجيولوجية التالية:

- الكمبري: سماه سيجويك سنة 1850 حسب (Cambria) الاسم اللاتيني لواليس (Wales)، حيث درست صخوره لأول مرة. يعلو في الأردن قاعدة ما قبل الكامبري بعدم توافق (شكل 2-16)، نحت في صخوره الأنباط مدينة البتراء. ظهرت اللافقريات ذات الاصداف.
- الأوردوفيشي: تحوي صخوره مستحاثات تختلف عنها في الكمبري. صخوره الرملية متكشفة في وادي رم وعلى طريق القويرة رأس النقب وفي البتراء خصوصاً عند مدخلها، حيث نحتت القبور قبل مدخل السيق فيها، شكل (6-17).
- السيلوري: سماه مورشزين سنة 1835 حسب اسم قبيلة كانت تقطن في واليس على حدودها مع إنجلترا. ظهرت نباتات اليابسة في أواخره. متكشف في وادي رم وأماكن أخرى في جنوب الأردن على شكل صخور حطامية غالباً رملية واخترقته آبار كثيرة في شمال الأردن حيث يتكون من غضار أسود يحوي مواد عضوية (صخر زيتي).
- الديفوني: سماه لونسديل سنة 1837 حسب مقاطعة في إنجلترا. انتشرت النباتات على ضفاف الأنهار وحول البحيرات، وتطورت تطوراً كبيراً خلاله.



- الكربوني: سمياه كونيبير وفيليبس سنة 1822، لأنه يحوي تتابعات سميكة من الفحم الحجري، درست لأول مرة في إنجلترا، حيث هي متكشفة على السطح.
- البيرمي: سماه مورشيزين سنة 1841 حسب مقاطعة بيرم في روسيا حيث درس مقطع بين صخور الكربوني والترياسي لأول مرة.

شكل (6-17): نحتت القبور في البتراء أمام السيق في صخور الأردوفيشي الرملية الحصوية

حقبة الميزوزوي

الحياة التي كانت منتشرة في هذه الحقبة متطورة، لقد ظهرت الثديات في بدايتها والطيور في وسطها ومغطاة البذور في جزئها العلوي. وسادت الدينوصورات هذه الحقبة، وفي نهايتها حدث انقراض كبير لمجموعات كثيرة من الحيوانات والنباتات. نقسم هذه الحقبة إلى ثلاثة عصور: ترياسي، جوراسي، وكريتاسي.

- الترياسي: وضع الاسم البارتي سنة 1834 حسب تتابع من ثلاثة تكاوين في ألمانيا. ظهرت في هذا العصر الثديات والدينوصوريات.

متكشف في وادي الزرقاء ومنطقة البحر الميت حتى وادي الموجب حيث يختفي تماماً لأن الأردن جنوب وادي الموجب كان يابسة في هذا العصر.

كما اخترقته الآبار في شمال شرق الأردن. معظم صخوره في الأردن وفلسطين وسوريا والعراق حطامية رملية مع تتابعات جيرية ترسبت معظمها في بيئة بحرية ضحلة وشاطئية. تحوي رواسب هذا العصر في البلدان المذكورة طبقات سميكة من الجبس

والملح، مما يشير إلى ترسبات سبخات شاسعة كانت ممتدة من فلسطين عبر الأردن وسوريا حتى العراق.

- الجوراسي: سمي حسب جبال اليورا (Jura) في سويسرا، أول من ذكر هذا الاسم هو فون هومبولد سنة 1799. ظهرت الطيور لأول مرة في تاريخ الأرض. وتطورت الدينوصوريات.

الجوراسي في الأردن متكشف في وادي الزرقاء والعارضة، وحفر في الآبار في شمال الأردن. تتكون صخور الجوارسي في هذه التكشفات من تتابعات جيرية وحطامية غالباً رملية وطبقات حديدية تحوي بوسولايت وتشبه بذلك الترسبات في العراق وسوريا وفلسطين.

- الكريتاسي: الاسم مشتق من الكلمة اللاتينية (Creta) وتعني طبشور. سماه دكوي سنة 1882. ظهرت مغطاة البذور لأول مرة في تاريخ الأرض، وسادت المجموعات النباتية الأخرى في نهايته. وفي نهايته انقرضت مجموعات من الكائنات الحية مثل الدينوصورات والامونيتات وغيرها.

يغطي الكريتاسي أكبر مساحة من سطح الأردن. يتكون كما في سوريا والعراق وفلسطين غالباً من صخور رسوبية حطامية في جزئه السفلي، ومن جير ومارل وصوان في جزئه العلوي.

السينوزوي

انتشرت في هذا العصر الحياة الحديثة، الكائنات الحية من ثديات وفقاريات أخرى ولا فقاريات ونباتات تشبه الكائنات المنتشرة حالياً.

تقسم هذه الحقبة إلى العصرين الثلاثي (Tertiary) والرباعي (Quaternary).

الثلاثي: أول من استعمل هذا الاسم ألبارتي (1700) حيث قسم الجبال وفي منطقة روما إلى ثلاثة أقسام، أحدثها وأقلها صلابة سماه الثلاثي (Montes Tertiarii). وأول من استعمله كاسم لعصر هو لييل سنة 1833. تغطي صخور الثلاثي مساحات كبيرة من الأردن.

الرباعي: أول من استعمله ديسنويرس سنة 1829. هو أحدث عصر ولا زال مستمراً. يقسم إلى عهدين: عهد البلايتوسين وهو عصر جليدي يتكون من فترات جليدية وفترات دافئة، وعهد الهولوسين وقد بدأ قبل حوالي 10000 سنة ولا زال مستمراً.

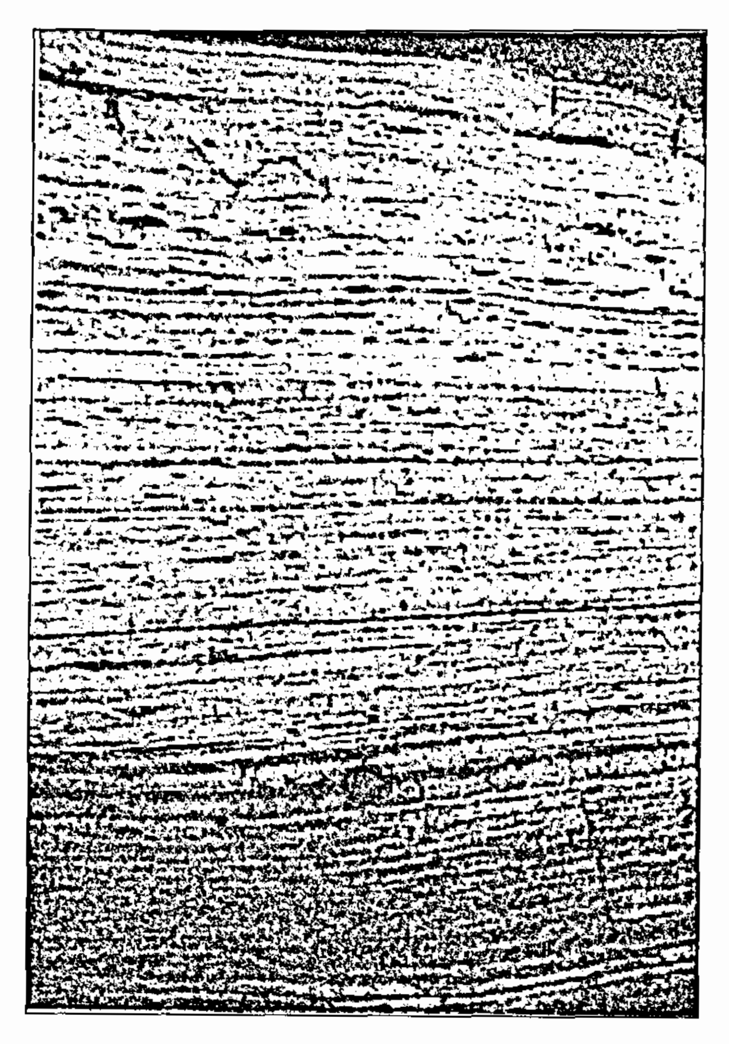
تحديد العمر المطلق

حاول الإنسان منذ القديم تقدير عمر الأرض بالسنين، ثم بدأ منذ القرن الماضي يحاول تحديد عمر الأرض بطرق علمية مستعملاً بذلك معايير مختلفة.

منها محاولات لتحديد عمر الأرض من خلال حساب كمية الأملاح الذائبة في البحار التي افترض أن مياهها كانت حلوة، وأن الأملاح تصلها من اليابسة، فقدرت كمية الصوديوم التي تصل البحار سنوياً عن طريق الأنهار وكمية الصوديوم الموجودة في البحار وحسب عمر الأرض. لكن لم يراعي أن الأملاح تترسب وتتحول إلى صخور، ثم ترفع وتصبح يابسة.

كما حدد عمر الأرض من حساب معدل التبريد السنوي، باعتبار أن الأرض كانت صهيراً، ولكن لم يُراعي أن طاقة حرارية تتكون باستمرار داخل الأرض نتيجة الانشطار الذري. كذلك فإن هناك محاولات لحساب عمر الطبقات الرسوبية من معدل الترسيب السنوي وسماكة الرواسب التي ترسبت خلال تاريخ الأرض. لكن هناك صعوبات في تحديد معدل الترسيب السنوي، وفي تحديد السماكة الكلية للرواسب بسبب التغيرات التي تحدث باستمرار من انقطاع في الترسيب وتعرية، إلخ.

وقد حددت عمر طبقات من العصر الرباعي من خلال عدد الحوليات الرسوبية في بحيرات المجالد وغيرها كطبقات اللسان (شكل 7-17). كما حدد عمر طبقات حديثة من خلال دراسة حلقات نمو الأشجار التي تتكون لاختلاف النمو في الصيف والشتاء ومن خلال تباين النمو، نتيجة تغيرات مناخية سنوية في النطاق المناخي الواحد، مما أدى إلى وضع مقياس في بعض المناطق، نستطيع من خلاله مقارنة تعاقبات النمو في بقايا الأشجار التي نجدها مع التعاقبات في المقياس، تحديد عمر الشجرة وعمر الطبقات التي نجدها فيها.



شكل (7-17): طبقات العصر الرباعي، تكوين اللسان جنوب البحر الميت.

بقيت هذه المحاولات محدودة في المكان والزمان وغالباً غير صحيحة أو لا يمكن استعمالها إلا في تحديد أعمار حديثة جداً، حتى اكتشف الانشطار والإشعاع الذري وعرفت قوانينه ووضعت الطرق لاستعماله في تحديد عمر الصخور والطبقات.

تحديد العمر بالانشطار الذري

نعرف ان الذرة مكونة من نواة في الوسط والكترونات تدور حولها في مدارات مختلفة. والنواة مكونة من بروتونات ونيترونات، مجموع عددها يسمى العدد الكتلي (Mass num-ber)، فكتلة الذرة هي كتلة نواتها، لأن كتلة الالكترون صغيرة جداً بالنسبة لكتلة البروتون او النيترون.

وما يميز ذرات العناصر المختلفة عن بعضها البعض هو عدد بروتوناتها، لذلك يسمى "العدد الذري" (Atomic Number) أي أن لكل عنصر عدداً ذرياً ثابتاً يميز هذا العنصر عن العناصر الأخرى. وعدد نيترونات ذرات معظم العناصر كذلك ثابت، أي أن العدد الكتلي لها ثابت. لكن يوجد عناصر عدد نيترونات ذراتها غير ثابت مثل ^{235}U ، ^{238}U وغيرها.

تسمى ذرات العنصر الواحد التي تختلف عن بعضها البعض بعدد نيتروناتها اي بعددها الكتلي، تسمى نظائر (Isotopes) هذا العنصر. فنظائر عنصر الكربون 12C , 14C وهي ذرات لعنصر واحد هو الكربون لأن لها نفس العدد الذري 6 ، وتختلف عن بعضها البعض في عدد نيتروناتها 6 في الأول و 8 في الثاني، وطبعاً في عددها الكتلي، الأول 12 والثاني 14.

معظم العناصر المنتشرة في القشرة الأرضية - كما ذكر سابقاً - ثابتة. فقط عدد قليل من العناصر غير ثابت، تنشطر انويتها تلقائياً، وتشع، ويتحول قسم من كتلتها الى طاقة حسب قانون آينشتاين:

الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء.

ولا شك أنها مصدر الطاقة الحرارية الرئيسي داخل الأرض.

عندما تنشطر انوية ذرات عناصر، يخرج منها جسيمات واشعاعات أهمها:

1 - جسيمات ألفا ($_{+2}\alpha$ Particle) هي جسيمات موجبة. كل جسيمة عبارة عن ذرة هيليوم. أي انها مكونة من نيترونين وبروتونين، مرتبطة بقوة مع بعضها البعض، وتخرج من انوية الذرات المنشطرة بسرعة كبيرة جداً، تصل آلاف الكيلومترات في الثانية.

يتكون من الذرة المنشطرة التي تنطلق منها جسيمة الفا ذرة عنصر جديد عددها الكتلي أقل من العدد الكتلي للعنصر الأم ب 4 وعددها الذري أقل منه ب 2 مثلاً:

$$U_{92}^{238} \rightarrow Th_{90}^{234} + \alpha^{+4}_{2}$$

2- جسيمات بيتا (B^- Particles) : هي جسيمات سالبة، أي الكترونات تخرج من أنوية

الذرات وليس من مداراتها. لذا يبقى العدد الكتلي كما هو، ويزيد العدد الذري. الكترون يخرج من احد نيوترونات نواتها، مثلاً:

$$K^{40} > Ca^{40} + 0\,\beta^{-}_{-1}$$

3- أشعة جاما γ

هي موجات كهرومغناطيسية قصيرة، تشبه الأشعة السينية،(X- Rays) ولها سرعة الضوء.

وجد روثرفورد (1900) ان معدل الانشطار لعدد كبير من العناصر المشعة ثابت، ويسمى ثابت الانشطار (λ) ، ويعتمد فقط على نوع المادة وعدد الذرات الموجودة.

أي أن

$$\frac{dN}{dt} \approx N$$

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

أي ان عدد الذرات dN المنشطرة في الزمن dt تتناسب وعدد الذرات الموجودة λ. N الجزء من الانوية الذي ينشطر في وحدة الزمن، ويسمى ثابت الانشطار.

بالتكامل على طرفي المعادلة:

$$\int_{No}^{Nt} \frac{dN}{N} = \int_{to}^{t} .-\lambda\, dt$$

$$ln\, Nt - ln\, No = -\lambda t$$

$$ln\left(\frac{Nt}{No}\right) = -\lambda t$$

$$\frac{Nt}{No} = e^{-\lambda t}$$

$$Nt = No.e^{-\lambda t}$$

من خلال هذه المعادلة نستطيع ان نحسب عمر الصخور التي تحوي المادة المشعة والمادة الوليدة فان

$$No = \frac{Nt}{e^{-\lambda t}}$$

كالذرات المشعة التي كانت موجودة في الزمن t = صفر تساوي الذرات المشعة التي لا زالت موجودة وذرات العنصر الوليد : $Dt + Nt = Nt\, e^{\lambda t}$

فقط الزمن t غير معروف في المعادلة ونستطيع ان نحسبه.No = عدد الذرات الموجودة في الزمن t_o = صفر ، Nt = عدد الذرات الباقية بعد الزمن,t Dt = عدد ذرات العنصر الوليد .

نستطيع حساب الزمن اللازم حتى ينشطر نصف عدد الذرات الموجودة لعنصر ما ويسمى زمن نصف العمر او العمر النصفي نرجع الى المعادلة السابقة.

عندما ينشطر نصف عدد الذرات

$$N_t = \frac{1}{2} N_o$$

$$\frac{N_t}{N_o} = \frac{1}{2}$$

لذا

$$\ln\left(\frac{N_t}{N_o}\right) = -\lambda\, t_{\frac{1}{2}}$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda\, t_{\frac{1}{2}}$$

$$\ln 1 - \ln 2 = -\lambda\, t_{\frac{1}{2}}$$

$$-\ln 2 = -\lambda\, t_{\frac{1}{2}}$$

$$\ln 2 = \lambda\, t_{\frac{1}{2}}$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$t = \frac{0{,}693}{\lambda}$$

هذا يعني ان نصف عدد ذرات العنصر الموجودة ينشطر بعد عمر نصفي واحد، ونصف النصف أي الربع بعد عمر نصفي ثان، وثمن عدد الذرات بعد عمر نصفي ثالث وهكذا .

أنصاف أعمار العناصر المشعة متباينة جداً (قائمة 3-16).

مما سبق نستنتج أننا نستطيع حساب الزمن منذ أن بدأت كمية من عنصر ما تنشطر،

اذا عرفنا كمية العنصر الأم الباقية وكمية العنصر الوليد. لذا يجب ان يتواجد العنصران الأم والوليد في نظام مغلق، لا يسمح لأي جزء من الاثنين بأن يتسرب خارجه.

هذا الشرط متوفر في كثير من الصخور خصوصاً الصخور النارية، حيث تتصلب المعادن من صهير، فإذا تواجد عنصر مشع داخل معدن، فإن هذا المعدن يكون نظاماً مغلقاً لا يسمح للعنصر للنفاذ خارجه. لتحديد العمر يفصل المعدن عن الصخور ويركز، ثم يفصل العنصران الأم والوليد ويحدد عمر هذه الصخور.

ويمكن حساب صخور رسوبية كيميائية بهذه الطريقة اذا توفرت الشروط المذكورة. لكننا لا نستطيع استعمال هذه الطريقة في تحديد عمر الصخور الرسوبية الحطامية، لأنها تتكون من حبيبات تنقل من صخور أقدم الي حوض الترسيب.

ونقيس بطرق الانشطار الذري أعمار التحولات الكبيرة ذات درجات التحول العالية. أي أن مثل هذا التحول يصفر ساعة الانشطار، لأنها تفصل النظائر تماماً.

لكنها لا تستعمل في تحديد عمر الصخور التي حدث لها تحول ذو درجة منخفضة، ولا في تحديد عمر التحول نفسه، لأن مثل هذا التحول يغير في نسب العناصر الأم والوليدة التي كانت موجودة قبل التحول ولا يفصلهما.

أهم طرق الاشعاع المستعملة في الجيولوجيا:

مختبرات تحديد عمر الصخور بطرق الانشطار مكلفة وذات تقنية عالية.

تستعمل في الجيولوجيا نظائر ذات اعمار نصفية مناسبة لا طويلة جداً، ولا قصيرة جداً، مع توافر الشروط المذكورة سالفاً.

أفضل الطرق هي بوتاسيوم - آرغون ، وروبيديوم - سترونسيوم، وثوريوم - رصاص ، ويورانيوم - رصاص، قائمة (3 -17) لأن هذه العناصر موجودة في صخور كثيرة واعمارانصافها مناسبة.

قائمة (3 - 17) أهم النظائر المستعملة في الجيولوجيا

النظير الأم	العنصر الناتج	زمن نصف العمر بالسنوات	المعادن والصخور التي تحوي النظير الأم
بوتاسيوم 40	آرغون 40	1,3 بليون	الأرثوكليس المايكا الهورنبلند السانيدين الغولوكونايت وكل الصخور البركانية
روبيديوم 87	سترونشيوم 87	48,8 بليون	مايكا مايكروكلين ليبيدولايت غلوكونايت كل الصخور المتحولة
ثوريوم 232	رصاص 208	14 بليون	زركون خامات اليورانيوم
يورانيوم 235	رصاص 207	704 مليون	خامات اليورانيوم زركون
يورانيوم 238	رصاص 206	4,5 بليون	خامات اليورانيوم زركون
كربون 14	نيتروجين 14	5730	المواد العضوية خصوصا النباتية الكربونات الغلاف الجوي

أما طريقة كربون 14 – نيتروجين 14، فتستعمل في تحديد أعمار لا تزيد عن 70 ألف سنة، لأن زمن نصف عمر ^{14}C قصير (5730 سنة). هذه الطريقة تختلف عن الطرق الأخرى بأنه لا حاجة إلى معرفة كمية العنصر الوليد. يكفي أن نعرف نسبة $^{14}C : ^{12}C$ لأن نسبة هذين النظيرين في الغلاف الجوي والكائنات الحية ثابتة. وعندما تموت الكائنات الحية تبدأ ساعة الإنشطار في العمل، فتقل النسبة $^{14}C : ^{12}C$ تدريجياً. من هذه النسبة يحدد العمر. تستعمل هذه الطريقة في تحديد عمر الطبقات الحديثة التي تحوي على بقايا عظام أو خشب وفي تحديد عمر القطع الأثرية من خشب وعظام وورق وملابس .. إلخ.

حددت بواسطة طرق الإنشطار المختلفة أعمار العصور الجيولوجية في السلم الجيولوجي، بعد أن كنا نعتمد في تحديدها على العمر النسبي فقط.

الخلاصة :

حتى نستطيع أن نتعرف على تاريخ الأرض وتاريخ الحياة عليها ونفهم العمليات والحوادث الجيولوجية وتعاقباتها ومعدلات تغيرها، لا بد لنا من تحديد عمر الصخور والطبقات والحوادث والعمليات الجيولوجية الاخرى. يمكن تحديد العمر النسبي أو العمر المطلق للصخور.

يمكن تحديد العمر النسبي للصخور، أي تحديد اذا كانت صخور أو طبقات محددة أحدث أو أقدم من غيرها، بطرق مختلفة أهمها :

- التتابع الطبقي : يعني أنه في تتابع طبقي عادي الطبقات الموجودة فوق أحدث من التي تحتها.
- تقاطع الاجسام والمستويات الجيولوجية : يعني أن الأجسام القاطعة أحدث من المقطوعة.
- مستوى لاتوافق : هو مستوى تعرية أو عدم ترسيب يفصل صخور وطبقات في الأسفل أقدم وصخور وطبقات في الاعلى أحدث.

- التتابع المستحاثي : المستحاثات هي بقايا أو آثار كائنات حية نجدها في الصخور، خصوصاً الصخور الرسوبية. والكائنات الحية أنواع، لكل نوع صفاته التي تميزه عن الأنواع الأخرى. النوع الواحد ظهر مرة واحدة في تاريخ الأرض وإذا انقرض فانه لن يظهر مرة اخرى. لذا اذا رتبنا الانواع الحياتية المختلفة حسب زمن ظهورها، نكون قد وضعنا مقياساً لقياس العمر النسبي. الطبقات التي تحوي أنواعاً ظهرت أولاً أقدم من الطبقات التي تحوي انواعاً ظهرت لاحقاً. وهكذا وضع السلم الجيولوجي وميزت العصور الجيولوجية : ما قبل الكمبري، الكمبري، الاردوفيشي، السيلوري، الديفوني، الكربوني، البيرمي، الترياسي، الجوراسي، الكريتاسي، الثلاثي، والرباعي.

ويمكن تحديد العمر المطلق بالسنوات. أهم طريقة لتحديد العمر المطلق هي طريقة الانشطار الذري، وتعتمد على أنه يوجد عناصر غير ثابتة تنشطر، وتشع أشعة أو ينبثق منها جسيمات، وتتكون من ذراتها عناصر أخرى تسمى عناصر وليدة.

تحديد العمر بهذه الطريقة يعتمد على أن معدل الانشطار لعدد كبير للعناصر المشعة ثابت، يعتمد فقط على نوع المادة وعدد ذرات العنصر الأم الموجودة. اعتماداً على هذه

العلاقة وضع قانون الانشطار $Nt = N_{o.e}{}^{-\lambda t}$

Nt = عدد ذرات العنصر المشع في الزمن t.

No – عدد ذرات العنصر المشع عند بدء الانشطار أي في الزمن O.

λ = ثابت الانشطار.

بالتعويض عن No التي تساوي Dt + Nt، Dt هي عدد ذرات العنصر الوليد في الزمن t نحصل على المعادلة :

$$Dt + Nt = Nt\ e^{\lambda t}$$

$$Dt = Nte^{\lambda t} - Nt = Nt\,(e^{\lambda t} - 1)$$

للحصول على العمر t يجب معرفة عدد ذرات العنصر المشع Nt وعدد ذرات العنصر الوليد Dt. هذا يعني أن المادة المشعة يجب أن تكون وتبقى في نظام مغلق خلال الانشطار بحيث لا يخرج منها ذرات العنصر الأم أو ذرات العنصر الوليد، كأن تكون موجودة داخل معدن وتبقى داخله حتى تدرس.

ومن المعادلة تستطيع أن نحسب الزمن اللازم حتى ينشطر نصف عدد الذرات الموجودة وهو ما يسمى العمر النصفي $t_{\frac{1}{2}}$:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0,693}{\lambda}$$

وهو كما ترى ثابت للعنصر الواحد.

أسئلة وتمارين :

1- اذكر ثلاثة طرق لتحديد العمر النسبي للصخور.

2- عرف المستحاثات، وعرف النوع. ما هو المبدأ الذي نحدد من خلاله العمر النسبي بواسطة المستحاثات.

3- ما المقصود بمستوى لا توافق؟

4- ارسم مقطع يبين عدم توافق وآخر لا توافق زاوي.

5- ما هي أفضل طريقة لتحديد العمر المطلق؟ وعلى أي مبدأ تعتمد هذه الطريقة.

6- ما هو العمر النصفي؟ هل هو ثابت بالنسبة لعنصر مشع معين. اكتب معادلة تبين ذلك.

7- اكتب أسماء العصور الجيولوجية من الأقدم الى الأحدث.

8- متى بدأت الحيوانات تعيش على اليابسة؟ ومتى انتقلت الحياه النباتية من الماء الى اليابسة؟

الوحـــدة الـرابعة

الـفـلـك

الفصل الثامن عشر

السماء الليلية

مقدمة

سجل الإغريق أول محاولة للتعرف على الذرة، حيث استخدمها ديمقريطس (370 - 460).

ويعد علم الفلك من أقدم العلوم التي أثارت اهتمام الناس، ولكن ما وصل إلينا عبر آثار ومخطوطات الأمم القديمة قليل جداً، ومن أهم هذه الآثار ما وصل من سكان ما بين النهرين وخاصة الكلدانيين والاشوريين والسومريين والبابليين الذين عاشوا في بلاد الرافدين 300 ق.م. كما اهتم الفلكيون المصريون القدامى في الفلك. كما اهتم فلاسفة الإغريق (700 ق.م – 200م) بالفلك مثل فيثاغورس، وأفلاطون، وأرسطو طاليس، وأرستارخوس، وإيراتوستينس، وهيبارخس، وبطليموس واهتم كذلك الفلكيون الهنود والصينيون بالفلك، وارتبطت دراساتهم بالبداية بالتنجيم ثم تطور علم الفلك إلى ما هو أبعد من ذلك.

أما الفلكيون العرب والمسلمين (800 - 1400م) فكانت نظرتهم إلى الكون علمية وواقعية حيث كان للإسلام تأثيراً قوياً عليهم. فحثهم على طلب العلم والتدبر في الكون من سماوات وأرض وشمس وقمر، وكان لحاجتهم الدينية في معرفة أوقات الصلاة واختلافها حسب الموقع الجغرافي، ومعرفة إتجاه الكعبة في صلواتهم ومساجدهم وحاجتهم لرؤية هلال شهر رمضان لبدء الصيام، دافعاً لدراسة علم الفلك وتطويره.

كما أن تسامح الإسلام مع غير المسلمين من العلماء وتقديره لجهودهم فاحترمهم الخلفاء والأمراء، وترجمت كتبهم إلى اللغة العربية وعلى رأسها كتاب المجسطي لبطليموس الذي يعد من أمهات كتب الإغريق، مما شجع على نقل المعرفة الفلكية القديمة الى العربية.

ولما كان التنجيم مرتبطاً بعلم الفلك منذ القديم، حارب الإسلام التنجيم ولم يهتم به الخلفاء الراشدين. وهناك حادثة كسوف الشمس يوم وفاة إبراهيم ابن النبي محمد عليه الصلاة والسلام وقال الناس إن الشمس كسفت حزناً على موت إبراهيم فقال النبي الكريم بأن الشمس والقمر آيتان من آيات الله لا تكسفان لموت أحد.

وبعد أن استقرت أمور الدولة الإسلامية في زمن العباسين بدأت الدراسات الجادة للنجوم على زمن أبي جعفر المنصور وغيره حيث كان بلاطه مليئاً بهم يتشاورون ويتحاورون ويشجعهم الخليفة في عملهم مادياً ومعنوياً ومن أشهر علماء العرب والمسلمين في علم الفلك:

بني موسى

قاموا في عهد الخليفة المأمون بقياس طول درجة واحدة من محيط الأرض القطبي وذلك إعتماداً على تغير زاوية ارتفاع النجم القطبي الشمالي مع خط عرض المكان. أي كلما إتجهنا شمالاً على نفس خط الطول يزداد إرتفاع النجم القطبي الشمالي فوق الأفق الشمالي وكانت النتيجة (66.66 ميل تقابل درجة واحدة من سطح الأرض).

الرازي

وهو أبو الحسين عبد الرحمن الصوفي. ألف كتاباً أسماه (صور الكواكب الثمانية والأربعين) حيث رسم المجموعات النجمية في خرائط موضحاً أسمائها ولمعانها وألوانها وشكلها وأقدارها.

البيروني

هو محمد بن أحمد أبو الريحان البيروني وضع كتاباً سماه (القانون المسعودي في الهيئة والنجوم) بحث فيه علوم الفلك والتواريخ والتقاويم القديمة والنجوم وأقدارها، ونقاط تقاطع دائرة البروج مع خط الإستواء وأدرك أن نقاط التقاطع تتغير باستمرار.

ومن العلماء الآخرين أبو الوفا البوزجاني ونصير الدين الطوسي وابن الشاطر والبتاني وابن الهيثم، وقام العرب بصناعة الكثير من الآلات الفلكية حيث أقام هؤلاء في مراصد منتشرة في بغداد والشام وأنطاكيا والقاهرة وسمر قند والأندلس والقيروان.

وفي الحقيقة كان للعرب والمسلمين بصمات واضحة على تطور علم الفلك حيث سميت النجوم بأسماء عربية ما زالت مستخدمة إلى يومنا هذا فعلى سبيل المثال لا الحصر :

الطائر	ALTAIR
الذنب	DENEB
فم الحوت	FAMALHOUT
بنات نعش	BENET NASH
إبط الجوزاء	BETELGEUSE
ذنب الجدي	DENEB ALGEDI.
القائد	ALKAID
سيف	SAIPH

سهيل	SUHAIL
الغول	ALGOL
الغراب	ALGORAB
الكاس	ALKES
ظهر	DAHR
قوس	KAUS
سبيكة	SPICA
ثعبان	THUBAN

والخلاصة أن للعرب دوراً كبيراً في حفظ العلوم الفلكية القديمة من الضياع حيث ترجموها للعربية وصححوا اخطائها، ودققوا ما فيها، واتخذوا الرصد النجمي منهجاً علمياً، وتحققوا مما توصل إليه الذين سبقوهم. وأضافوا إليها الكثير في مجال الفلك والرياضيات والهندسة وغيرها ومهدوا السبيل لهدم نظريات بطليموس المعقدة على يد علماء أوروبا أمثال كوبرنيكوس وتايكو براهي وكبلر وغيرهم كما سيأتي فيما بعد.

أما الأوروبين (1500م – حتى اليوم) فقد أخذ علم الفلك في أوروبا يتقدم على يد بعض العلماء الذين صاغوا عدداً من القوانين والنظريات والأجهزة العلمية المختلفة حيث إبتدأ عصر النهضة الفلكية حقيقة وامتدت إلى يومنا هذا مثل : كوبرنيكوس Copernicus البولندي (1473 - 1543م)، وتايكو براهي الدنماركي Tycho Brahe(1546 - 1601م)، وجوهانس كبلر (الألماني) Johannes Kepler (1571 - 1630م)، وغاليليو غاليلي (الإيطالي) Galileo Galili 1642 - 1960م. واسحاق نيوتن (البريطاني) Issac Newton (1642 - 1727م).

شكل الكون كما تراه أعيننا

يخيل للناظر إلى السماء (وهي الجزء المرئي من الكون)، أنها تشبه كرة وهمية عظيمة مجوفة، يظهر نصفها العلوي كصحن مقلوب مطبق على الأرض، وقد زينت بالنجوم اللامعة المتفاوتة في لمعانها، وألوانها وتجمعاتها، وأعدادها الهائلة، والتي فاقت الملايين، حيث ترتبط هذه النجوم بالسطح الداخلي لهذه الكرة الوهمية، وكأنها على نفس البعد منا، وهي في الحقيقة على مسافات متباينة. أما النصف الآخر للكرة الوهمية غير المرئي، فيقع تحت أفق الراصد (المشاهد)، ويكون المشاهد على الأرض هو مركز الكرة الوهمية السماوية. ويصعب تقدير نصف قطر هذه الكرة السماوية، إذ يصل إلى بلايين

الكيلومترات، ويعرف العلماء الكون بأنه الفراغ (الفضاء) المحيط بالكرة الأرضية التي نعيش عليها، وما يحتويه من أجرام سماوية (كالنجوم والكواكب، والمجرات والكويكبات، والمذنبات والشهب والنيازك وغيرها). ويدعى العلم الذي يبحث ويهتم بدراسة الأجرام السماوية المذكورة سابقاً من حيث مواقعها وحركاتها وتاريخ نشأتها ومصيرها وتطورها علم الفلك. حيث ظهرت كلمة علم الفلك عند قدماء اليونان.

والأجرام السماوية التي يمكن مشاهدتها في السماء الليلية هي :

النجوم Stars

وهي تلك النقاط المضيئة المتوهجة والتي ينتشر نورها في كل الإتجاهات، وهي ذات ألوان متعددة، وسرعات مختلفة، ولكنها لبعدها الشاسع عنا، تبدو وكأنها ثابتة في أماكنها.

المجاميع النجمية Constellations

وهي مجموعات نجمية تتكون من عدد محدود من النجوم، ذات شكل مميز، ثابت مع مرور الزمن. بعضها يكون على شكل حيوان أو إنسان، أو طير، دعاها الأقدمون بأسماء مألوفة لديهم، وتنتشر على صفحة السماء في مناطق مختلفة. وسنأتي على ذكرها في حينه، إن شاء الله.

الكواكب Planets

وهي أجسام مضيئة واضحة المعالم ذات لمعان ثابت، حيث تعكس ضوء الشمس عن سطوحها بهدوء، وهذه الأجسام المضيئة تتحرك من مواضعها إذا ما رصدت من ليلة لأخرى بالنسبة للنجوم الثابتة. ويمكن رؤية عدداً لا يزيد على خمسة منها في أية ليلة عادية وبالعين المجردة. موزعة على قوس كبير يمتد من الشرق إلى الغرب. وليس لها إشعاع ذاتي للضوء كالنجوم، وتشمل عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشتري وزحل وأورانوس ونيبتون وبلوتو.

القمر Moon

وهو من أوضح الأجرام السماوية التي يمكن مشاهدتها بسهولة، ويكون لامعاً جداً عندما يكون في طور البدر، وقد يظهر القمر بأشكال متعددة كالهلال أو التربيع الأول، وغيره. سيأتي تفصيل ذلك قريباً إن شاء الله.

السدم والمجرات Nebulue and Galaxies

تتكون السدم من سحب غازية هيدروجينية وغباريه تتوزع بين النجوم، وقد تظهر مضيئة احياناً مثل سديم الجبار حيث ما زالت تتكون فيها النجوم حتى الآن وتظهر مظلمة مثل سديم رأس الحصان بينما تتكون المجرات من عدد هائل من النجوم التي تقع على ابعاد شاسعة من الأرض. وهي الوحدات البنائية للكون، وتظهر بعضها على شكل شريط من الضوء الخافت، مثل مجرة درب التبانة التي ننتمي إليها.

الكويكبات Asteroids

وهي أجرام سماوية تبدو مضيئة كالكواكب ، ولكنها صغيرة الحجم، وليس لها إشعاع ذاتي للضوء، بل تعكس ضوء الشمس عن سطوحها.

الشهب Meteors

تظهر في السماء الليلية على شكل ومضات من الضوء السريع الخاطف لمدة ثوان، وتدعى بالنجوم الهاوية أحياناً، وهي في الواقع كتل صغيرة من المادة الصلبة، تسبح في الفضاء، وعندما تسقط على الأرض، فإنها تحترق في الغلاف الجوي الأرضي كلياً، ويمكن مشاهدة أكثر من عشرة شهب في الليلة الواحدة.

النيازك Meteorites

وهي كتل صلبة تسقط على الأرض ولا تحترق كلياً في الغلاف الجوي الأرضي، وهي ذات تراكيب كيميائية مختلفة.

المذنبات Comets

وهي أجرام سماوية مكونة من الثلج والنشادر والميثان في الحالة الصلبة، وبعض المواد المعدنية، وعند اقترابها من الشمس، تتبخر بعض محتوياتها ويكون هذا البخار ذيلاً من الغاز المضيء نتيجة لانعكاس أشعة الشمس، حيث يمتد ذيله الغازي المضيء آلاف الكيلومترات. وكانت هذه المذنبات ترهب الناس في قديم الزمان.

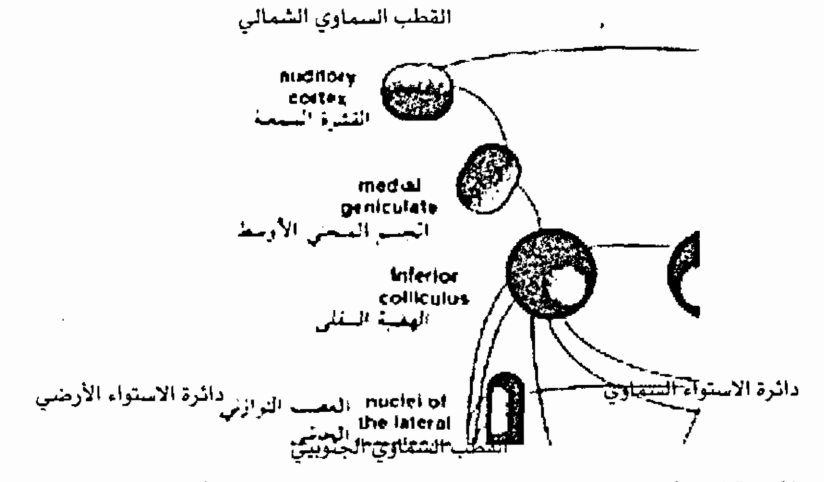
الكرة السماوية الفلكية وحركة الأجرام السماوية عليها

وهي عبارة عن كرة وهمية مركزها الأرض، وتنتشر النجوم على سطحها الداخلي. وأثناء دوران الأرض حول الشمس، تحملنا معها حول الجزء الداخلي من المسرح الكروي للسماء. حيث تدور من الغرب إلى الشرق في مدار اهليليجي خاص بها لا يتغير، وتكمل دورة واحدة حول الشمس على مدار السنة. وللأرض حركة محورية دورانية، حيث تدور حول محورها الوهمي من الغرب إلى الشرق وبعكس حركة عقارب الساعة مرة كل (24) ساعة تقريباً، ويدعى طرفا المحور بالقطبين، الشمالي والجنوبي.

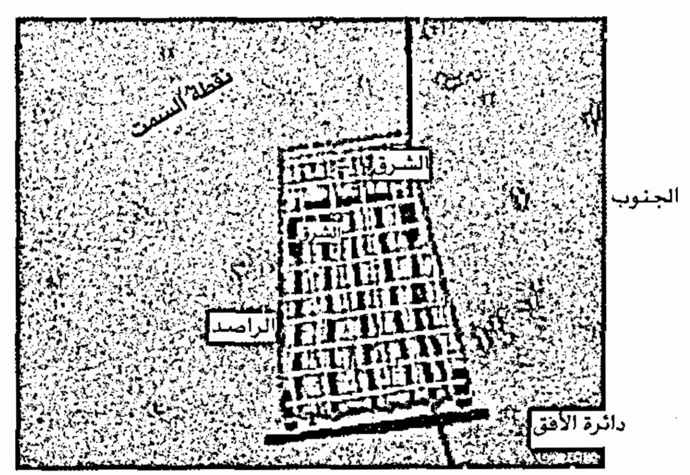
وعند دوران الأرض في مدارها حول الشمس، فإنها لا تغير من محورها المائل (الذي يميل عن الاتجاه العمودي على مسار الأرض بزاوية 23.5°)، بل إنه يبقى موازياً دائماً لنفسه في مختلف المواقع على طول المدار، ونتيجة لذلك يميل مدار الأرض على مستوى دائرة الإستواء الأرضي بزاوية 23.5° أيضاً.

وإذا مددنا محور دوران الأرض على استقامته من الجهتين الشمالية والجنوبية، فإنه يتقاطع مع الكرة السماوية في نقطتين هما القطب الفلكي الشمالي والقطب الفلكي الجنوبي.

وإذا مددنا دائرة الإستواء الأرضي التي تقسم الكرة الأرضية إلى قسمين متساويين شمالي وجنوبي، حتى يتقاطع مع الكرة السماوية تكون لدينا دائرة الإستواء السماوية التي تقسم الكرة السماوية الفلكية إلى قسمين، نصف الكرة السماوية الشمالية، ونصف الكرة السماوية الجنوبية، وتكون عمودية على محور الكره السماويه، وتبعد دائرة الإستواء السماوية عن كل من القطبين السماويين بمقدار °90. كما في الشكل (1 - 18) والشكل (2 - 18).



شكل (1 - 18) الأرض في مركز الكرة السماوية، النجوم ثابتة والأرض تدور حول محورها فتظهر السماء كأنها تدور بالإتجاه المعاكس.



شكل (2 - 18) دائرة الأفق لمشاهد يعيش في النصف الشمالي للأرض موضحاً عليها دائرة الزوال. ونقطة الست، والنجم القطبي الشمالي.

الحركة الظاهرية للأجرام السماوية

يلاحظ المشاهد أن الأجرام السماوية جميعها تبدو لنا وكأنها تتحركة حركة بطيئة؛ (تدور) من الشرق إلى الغرب، وهذا ما يفسره شروق (Rise) الأجرام (كالشمس والنجوم والقمر) من جهة الشرق يومياً وغروبها (set) في جهة الغرب، وهي حركة ظاهرية غير حقيقية تنتج بسبب حركة الأرض المحورية من الغرب للشرق، وبعكس حركة عقارب الساعة دورة كاملة 360° كل 24 ساعة تقريباً، أي بمعدل 15° لكل ساعة، وبمعدل 1° لكل 4 دقائق. ولهذا السبب تظهر النجوم من جهة الشرق مبكرة كل ليلة بمقدار 4 دقائق، وتكون الأرض قد غيرت مكانها بمعدل 1° على مدارها. وبالطبع نحن لا نشعر بهذه الحركة المستمرة لكوكبنا حول الشمس، ويبدو لنا أن الكرة السماوية كلها تدور حول مكاننا مرة كل يوم. والذي يجعلنا نحس بتقدم الأرض في رحلتها حول الشمس هو أنه في لحظة معينة من الليل تكون مواكب النجوم في موضع يقع إلى الغرب قليلاً من موضعها في نفس اللحظة من الليلة السابقة. وعلى مدى عام كامل تكتمل الدائرة الكاملة للكرة السماوية، وكذلك فإن المجاميع النجمية في السماء تتغير من فصل إلى فصل، حتى نرى التشكيلة النجمية التي ابتدأنا بها منذ بداية العام.

الإحداثيات السماوية (Celestial Coordinates)

قبل البدء بالحديث عن الأنظمة المختلفة للإحداثيات السماوية المستخدمة لتحديد مواقع النجوم، يجب أولاً التعرف إلى بعض المصطلحات الأساسية، وهي :

نقطة السمت (Zenith)

هي نقطة تقع على الكرة (القبة) السماوية مباشرة فوق محطة الراصد. (أي على امتداد الخط الشاقولي المار بمركز الأرض). شكل (2 - 18).

نقطة النظير (Nadir)

هي نقطة تقع على القبة السماوية السفلية تحت محطة الراصد مباشرة. والخط الواصل بين النظير والسمت يمر بمركز الأرض.

خط زوال الراصد (The observe's Meridian)

هي الدائرة التي تمر بالقطبين بصورة عمودية على دائرة الإستواء السماوي، وتمر خلال سمت الرأس ونظيره، ولذلك فهي تعد دائرة عمودية، وقطباها نقطتي المشرق والمغرب.

دائرة الأفق (Horizon Circle)

هي دائرة عظمى تحوي مستوى يمر بنقطة الرصد مماساً لسطح الأرض (أو عمودياً على خط السمت والنظير)، أي تفصل ما بين الجزء المرئي من السماء والخفي منه، ويمكن

تقسيمها إلى أربعة أقسام، فنقول الأفق الشمالي والجنوبي، والشرقي والغربي. والجدير بالذكر أن كروية الأرض التي تمتد أمام النظر تحدد المساحة التي نستطيع رؤيتها من الكون، والذي يكون على شكل قوس نسميه الأفق.

خط العرض (The Latitude)

وهي المسافة الزاوية لأي مكان على الأرض ، شمال أو جنوب خط الاستواء، مقاسه على خط الزوال لذلك المكان. ويعطى العلامة (+) إذا كان المكان شمال خط الاستواء،أو (-) إذا كان المكان جنوب خط الإستواء. (أو الزاوية التي يصنعها مركز الأرض بين السمت وخط الإستواء السماوي).

خط الطول (The Longitude)

هي الزاوية المحصورة بين خط الزوال المرجعي (الذي يمر بمدينة غرينج)، وخط زوال ذلك المكان، وتتراوح ما بين صفر إلى °180 شرق أو غرب غرينج.

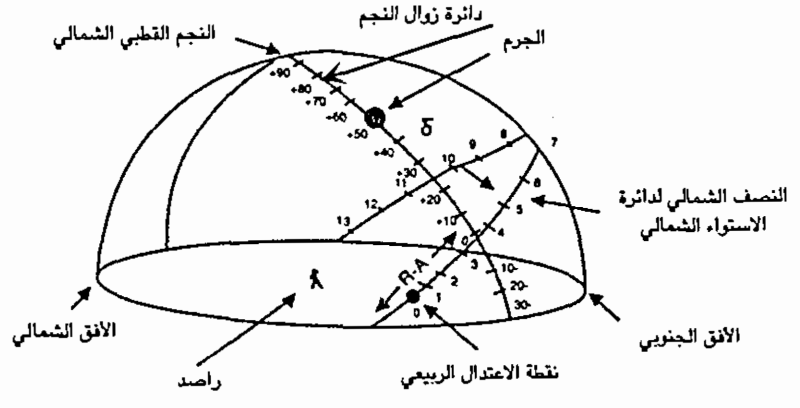
أما الأنظمة المستخدمة لتحديد مواقع الأجرام السماوية فهي :

النظام الإستوائي السماوي Celestial Equatorial System

ويعتمد على إحداثيان متلازمان هما :

1- زاوية ميل الجرم السماوي عن خط الإستواء Declination Angle

وتعرف بأنها المسافة الزاوية للجرم عن مستوى خط الاستواء، مقاسة على طول خط زوال الجرم، ويتراوح الميل ما بين صفر و °90، ويعطى الإشارة الموجبة (+) أو السالبة (-) حسب وضع الجرم شمال أو جنوب خط الإستواء السماوي على التوالي. ويعد خط الإستواء السماوي هو الخط الصفري °0 = (ولذلك فهي تشبه خطوط العرض على الأرض، مسقطه على الكرة السماوية). والنجم القطبي له زاوية ميل $\delta = +90^\circ$، ويقاس بالدرجات وأجزائها. شكل (3 - 18).



شكل (3 - 18) خط الصعود المستقيم (R - A) وزاوية الميل الاستوائي (δ) لنجم ما.

2) زاوية صعود النجم The Right Ascesnion

ويرمز لها بالحرفين R.A، وتعرف بأنها المسافة الزاوية الإستوائية المقاسة باتجاه الشرق من أول نقطة من نقاط برج الحمل (نقطة الإعتدال الربيعي هي نقطة الصفر)، وإلى نقطة تقاطع دائرة الزوال لذلك الجرم مع دائرة الاستواء السماوي. ويقاس بالساعات والدقائق والثواني، حيث تقسم السماء على خط الإستواء إلى 24 ساعة بعدد ساعات اليوم الأرضي، حيث تقابل كل $15°$ ساعة زمنية وكل $30°$ ساعتين زمنيتين. شكل (3 - 18).

النظام السماوي الأفقي للراصد The Horizon System

لتحديد موقع نجم ما، يلزم تحديد نقاط مرجعية في السماء وتشمل دائرة الأفق للمشاهد، ونقطة السمت، واتجاه الشمال الجغرافي وفي هذا النظام يلزم معرفة إحداثيين هما:

1) زاوية الإرتفاع العمودي للنجم عن الأفق (The Altitude of a Star)

ويرمز له بـ (Alt)، وتعرف على أنها الزاوية المقاسة من مكان المشاهد، بين موقع النجم ودائرة أفق المشاهد، على الدائرة الرأسية المارة بكل من نقطة سمت المشاهد، وموقع النجم، والممتدة حتى تتقاطع مع دائرة الأفق، وتقاس بالدرجات حيث يكون ارتفاع النجم صفراً وهو في الأفق، و $90°$ عند نقطة فوق رأس المشاهد. ولذلك فإن هذا الإرتفاع يتغير كل ساعة حيث يزداد تدريجياً في النصف الشرقي من الكرة السماوية (شرق خط الزوال)، ويصغر بعد عبور هذا الخط إلى الغرب، ثم يصبح صفراً عند الغروب. وكبديل قد يستخدم إحداثي آخر يدعى تمام الإرتفاع أو مسافة السمت (Zenith Distance (Z) وهو البعد الزاوي لجرم سماوي مقاساً من السمت ويعطى بالعلاقة :

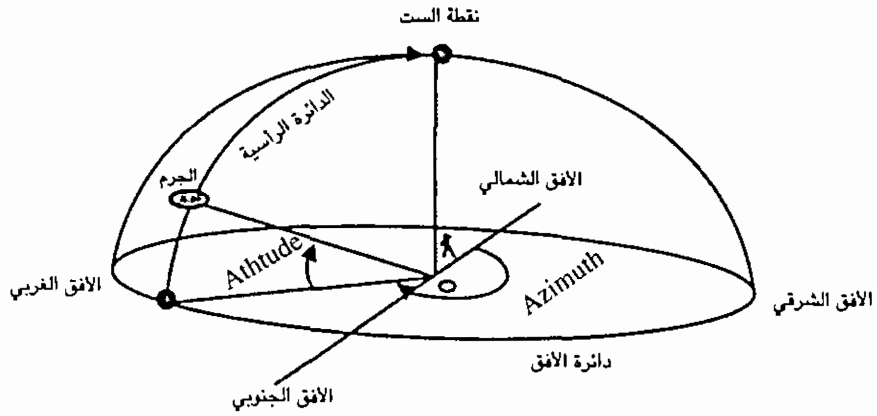
$$Z = 90° - Alt$$

2) زاوية اتجاه الجرم السماوي The Azimuthalangle (AZ)

وهي تلك الزاوية المحصورة بين خط الزوال الذي يمر عبر موقع الراصد والدائرة الرأسية المارة عبر الجرم السماوي. أو هي المسافة الزاوية المقاسة في مستوى دائرة الأفق ابتداء من نقطة الشمال الجغرافي إلى نقطة التقاء الدائرة الرأسية للجرم مع مستوى الأفق. وذلك مع اتجاه حركة عقارب الساعة . هذا لمشاهد في نصف الكرة السماوية الشمالي. وتتراوح قيمتها من صفر إلى $360°$.

ولمشاهد آخر في نصف الكرة الجنوبي، يقاس الإتجاه الجرمي السماوي ابتداء من

نقطة اتجاه الجنوب الجغرافي مع عقارب الساعة إلى أن نصل نقطة التقاء الدائرة الرأسية للجرم مع مستوى أفق المشاهد. الشكل (4 - 18).



شكل (4 - 18) تحديد موقع نجم بالنسبة لراصد باستخدام نظام الاحداثيات الأفقية (زاويتين).

والجدير بالذكر أن هذا النظام بدائي، يتعلق بالإنطباع المتولد لدى المشاهد بأنه موجود على مستوى أفقي، وفي مركز نصف كرة واسعة، حيث تتحرك الأجرام السماوية على سطحها، وهو نظام محلي بحت، حيث أن أي راصدين في مكانين مختلفين على الأرض، يقيسان إحداثيات أفقية مختلفة لنفس النجم، ولو تم رصدهما له بنفس الوقت. ولذلك فإن هذه الإحداثيات تتغير مع الزمن. وعند استعمال نتائج الراصدين من قبل راصد ثالث آخر، فإنه يجب عليه عمل التحويلات اللازمة لهذه النتائج حسب خط عرضه الجديد.

مثال (1) : نكتب إحداثيات نجم ما على الصورة التاليه باستخدام النظام الاستوائي :

	h	m	s
RA =	2	10	5
δ =	30°	50°	30°

مثال (2) : نكتب إحداثيات نجم ما على الصورة التاليه باستخدام النظام الأفقي :

Alt = 37

Azm = 120°

أثر مكان المشاهد (خط عرضه) على صورة الجزء المرئي من الكرة السماوية.

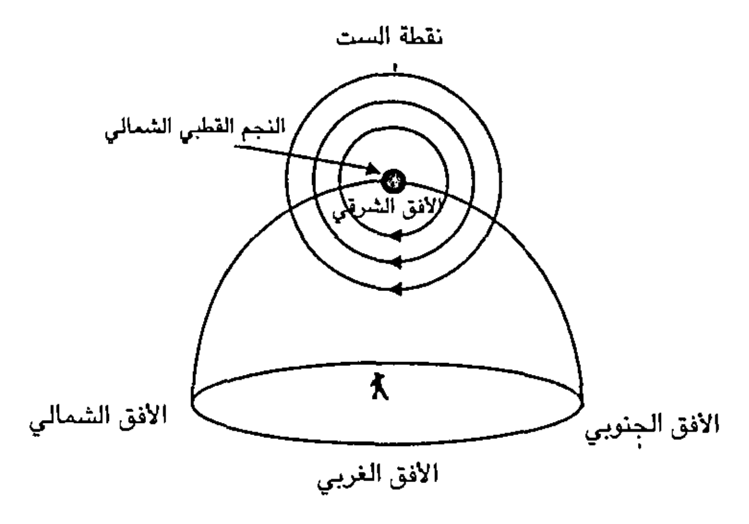
لا شك بأن الموقع الجغرافي للمشاهد هو الذي يحدد سمته ودائرة الأفق بالنسبة له، وهذه بدورها ستحدد مساحة السماء التي يمكن رؤيتها. وإليك بعض الأمثلة :

1) مشاهد يقف على قطب الأرض الشمالي (خط عرض °90) سيرى النجم القطبي الشمالي فوق سمته (°90 فوق الأفق) وسيكون خط الإستواء الفلكي في دائرة أفقه ولن يتمكن من رؤية أي من نجوم نصف الكرة الجنوبية السماوية. وستظهر له بعض النجوم التي تدور حول النجم القطبي الشمالي على دوائر موازية لدائرة خط الإستواء الفلكي، وهذه النجوم لا تشرق ولا تغرب، وتدعى بالنجوم الأبدية الظهور. (الشكل (5 -18) أ).

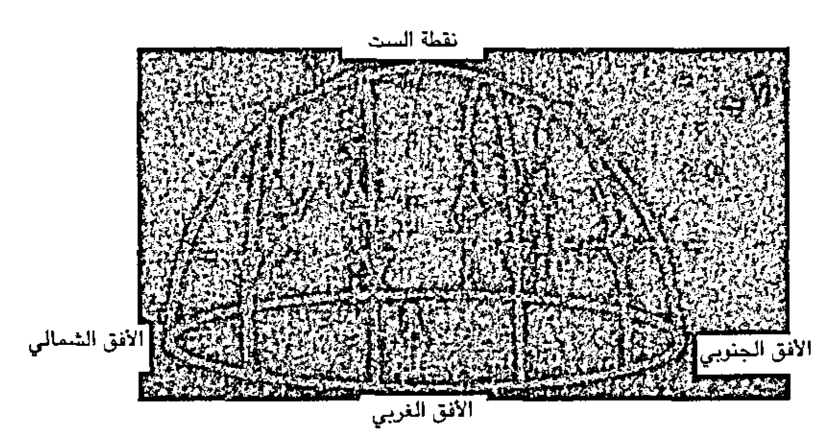
2) مشاهد يقف على خط الإستواء الأرضي (خط عرض صفر درجة)، فسيكون خط الإستواء الفلكي فوق سمته، أما نجم القطب الشمالي الفلكي فسيكون في مستوى دائرة الأفق عنده (صفر درجة فوق الأفق)، وستشرق الشمس من جهة الشرق تماماً وتسير بموازاة خط الإستواء، ثم ترتفع وسط السماء، وتغيب جهة الغرب تماماً، أي يستطيع رؤية نجوم نصفي الكرة الشمالية والجنوبية. (الشكل (5 - 18) ب).

3) مشاهد يقف بين خط الإستواء والقطب الشمالي على خط عرض °30 شمالاً فإن النجم القطبي الفلكي الشمالي سيكون زاوية ارتفاعه فوق الأفق °30 أيضاً، أما خط الإستواء السماوي فسيراه على دائرة زواله جنوب سمته بـ °30، والنتيجة أن هذا المشاهد يستطيع أن يرى جميع النجوم الشمالية الواقعة ما بين زاوية= °60 ← °90 شمالاً، دائماً، وفي كل ليلة وتدعى هذه النجوم (بالنجوم الأبدية الظهور الشمالية) North Circumpolar Stars.

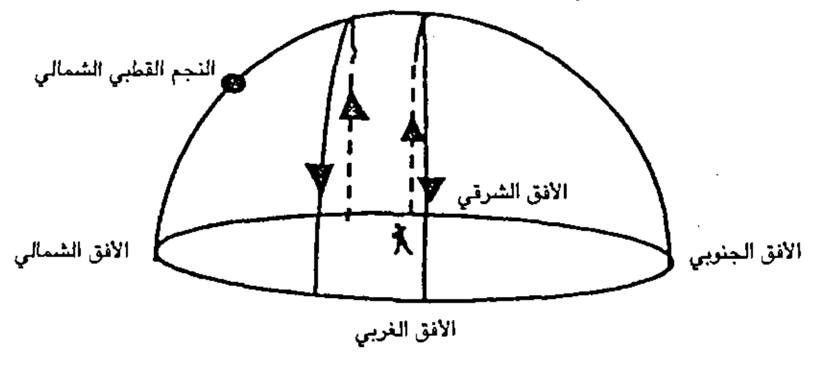
بينما النجوم الواقعة ما بين °60 شمالاً وخط الإستواء، فإنه يرى أجزاء منها حسب ساعات الليل والفصول. ومن نجوم نصف الكرة الجنوبية يستطيع رؤية النجوم الواقعة ما بين خط الإستواء و °60 جنوب خط الإستواء، حيث يرى قسماً منها، وتبقى عالية فوق الأفق لمدة أقل من 12 ساعة تقريباً. وما عدا ذلك لن يستطيع رؤية النجوم الواقعة من °60 جنوباً إلى القطب الجنوبي السماوي (الشكل (5 - 18) جـ).



شكل (5 - 18) أ حركة النجوم كما تشاهدها في القطب الشمالي.



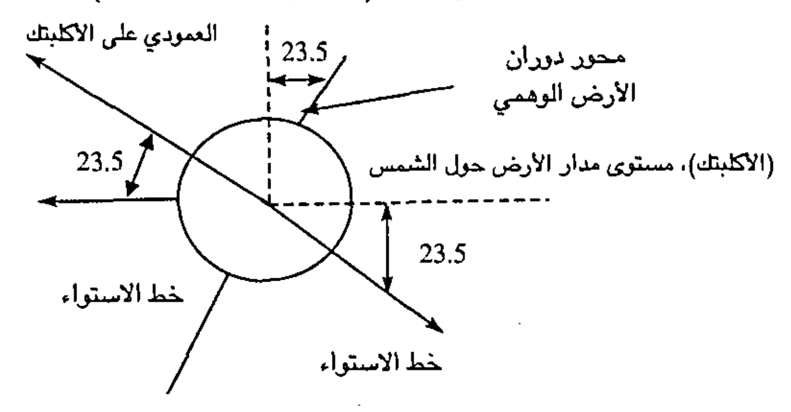
شكل (5 - 18) ب حركة النجوم كما نشاهدها على خط الإستواء.



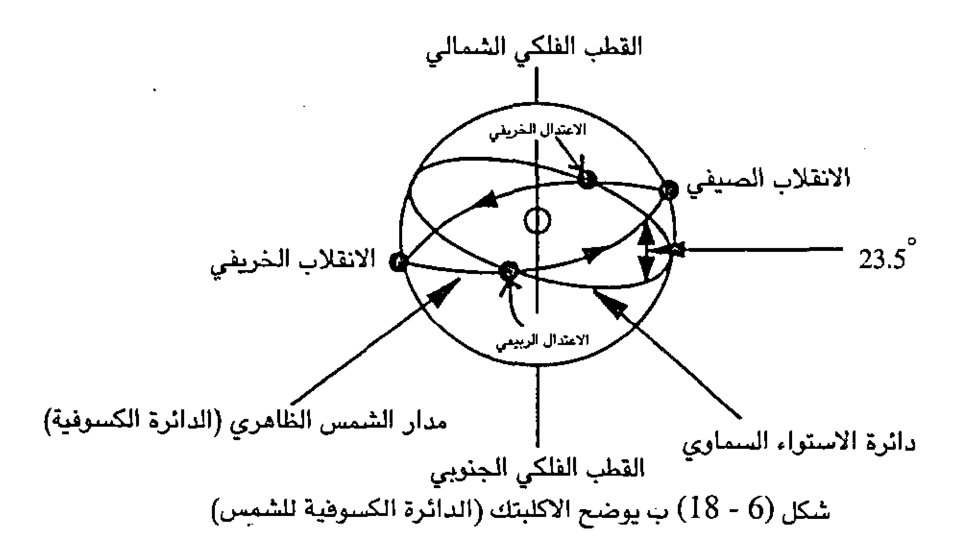
شكل (5 - 18) جـ حركة النجوم بين خط الاستواء والقطب الشمالي

حركة الشمس الظاهرية على الكرة السماوية (Eeliptic)

تتحرك الشمس ظاهرياً على مسار دائري على القبة السماوية خلال سنة واحدة، متخذة الأرض كمركز لها، ويدعى أحياناً بالدائرة الكسوفية، وهي تميل عن مستوى دائرة الإستواء السماوي بزاوية مقدارها °27 - °23 وهذه معرضة للتغير بمقدار خمسة ثوان قوسية في القرن الواحد. والخلاصة أن مسار الشمس الدائري نصفه شمال خط الإستواء والنصف الآخر جنوب خط الإستواء (الشكلين (6 - 18) أ، ب).



شكل (6 - 18) أ يوضح ميلان خط الاستواء على مستوى مدار الأرض حول الشمس



شكل (6 - 18) ب يوضح الاكلبتك (الدائرة الكسوفية للشمس)

ظاهرة الفصول الأربعة على الأرض

إن السبب الرئيسي في حدوث الفصول الأربعة على الأرض هو ميل محور الأرض على الاتجاه العمودي على مسارها بزاوية مقدارها °23.5، وهذا الميل ثابت باستمرار مما ينتج

عنه تغير تعامد الشمس على الأرض على مدار السنة، واختلاف مساحة أجزاء سطح الأرض المعرضة للشمس في مختلف دوائر العرض بنصفي الكرة الأرضية. والسبب الآخر لحدوث الفصول الأربعة هو الدورة السنوية للأرض حول الشمس، حيث ينتج اختلاف في طول الليل والنهار. ولو كان محور الأرض عمودياً على مستوى مدارها حول الشمس، فلن تظهر الفصول الأربعة، وسيكون طول الليل يساوي طول النهار. (الشكل (6 - 18) أ).

ولذلك في 21/آذار/ من كل عام تكون الشمس في مسارها عند نقطة الإعتدال الربيعي (Vernal Equinox) نقطة تقاطع الدائرة الكسوفية مع خط الإستواء حيث، يتغير ميل الشمس من الجنوب إلى الشمال، وتؤشر بداية فصل الربيع وتكون هذه النقطة الأولى من نقاط برج الحمل. وهنا يتساوى طول الليل والنهار، في جميع أنحاء العالم في ذلك اليوم. (ميل الشمس $R.A = 0^h, \ \delta = 0^0$).

وأما نقطة التقاطع الثانية للدائرة الكسوفية مع دائرة الإستواء السماوي، فتحدث في 23/أيلول من كل عام، حيث تكون الشمس قد وصلت بداية برج الميزان، وتدعى هذه النقطة بالإعتدال الخريفي (Autumnal Equinox)، حيث يتغير ميل الشمس من الشمال إلى الجنوب مؤشراً بذلك بداية فصل الخريف. وفي هذا اليوم يتساوى طول الليل والنهار، في جميع أنحاء العالم.

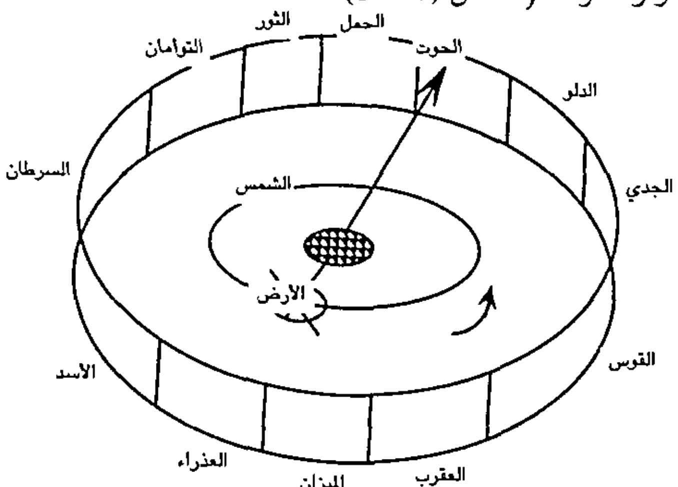
وتكون إحداثيات الشمس ($\delta = 0^0, R.\ A = 12^h$)، ويحدث بداية فصل الصيف في 21/حزيران / من كل عام، حيث تكون الشمس عمودية على خط عرض 23.5° شمالاً (مدار السرطان)، وتدعى هذه اللحظة فلكياً بالإنقلاب الصيفي (Summer Solstice)، حيث يكون طول النهار في النصف الشمالي أطول ما يمكن. وطول الليل أقصر ما يمكن، وعلى العكس من ذلك في نصف الكرة الجنوبية.

وأما بداية فصل الشتاء فيحدث في 21/كانون أول/ من كل عام، حيث تكون الشمس عمودية على خط عرض 23.5° جنوباً (مدار الجدي) وتدعى هذه اللحظة فلكياً بالإنقلاب الشتوي (Winter Solstice)، حيث يكون طول النهار في نصف الكرة الشمالية أقصر ما يمكن، وطول الليل أطول ما يمكن أيضاً، وعلى العكس من ذلك في نصف الكرة الجنوبي. ويلاحظ بأن نقطة شروق الشمس تختلف من يوم لآخر طوال العام، ففي الإعتدالين الربيعي والخريفي تشرق الشمس بالضبط من جهة الشرق تماماً وتغيب بالضبط في جهة الغرب تماماً.

أما في الصيف فتشرق الشمس من الشمال الشرقي وتغيب في الشمال الغربي، أما في الشتاء فتشرق الشمس من الجنوب الشرقي وتغيب في الجنوب الغربي.

منطقة البروج Zodiac

وهي نطاق دائري في وسط الكرة السماوية، عرضه 16° ، ويتوسطه مسارالشمس الظاهري والذي يدعى أحياناً (بدائرة البروج)، حيث تسير ضمنه الشمس والقمر والكواكب السيارة الأخرى، وكلمة البروج اصطلاح يطلق على بعض المجاميع النجمية التي تمر فيها الشمس. وتنقسم إلى 12 قسماً متساوياً، كل قسم يقابل 30° عند مركز الكرة السماوية، وتسير الشمس في كل برج منها شهراً كاملاً، ومنازل الشمس بالنسبة للبروج أربعة منازل، هي : الربيع والصيف والخريف والشتاء، وكل منزل يحتوي على ثلاثة بروج. فالربيع يحتوي على برج الحمل والثور والجوزاء، والصيف يحتوي على برج السرطان والأسد والعذراء، والخريف يحتوي على برج الميزان والعقرب والقوس، والشتاء يحتوي على برج الجدي والدلو والحوت. (الشكل (6 - 18).



شكل (7 - 18) منطقة البروج : بينما تدور الأرض حول الشمس، يبدو لنا أن الشمس تقابل برجاً معيناً وهو الحوت في الشكل. وفي خلال شهر تبدو لنا الشمس مقابل برج الحمل، وهكذا خلال سنة، تبدو لنا الشمس ثابتة مقابل برج الحوت.

ويبين الجدول التالي التاريخ الميلادي لبداية انتقال الشمس لرأس كل برج :

الحمل 21/ اذار - الثور 21/ نيسان - الجوزاء (التوأمان) 22/ أيار - السرطان 22/حزيران - الأسد 23/ تموز / العذراء (السنبلة) 23/ آب - الميزان 23/ أيلول - العقرب 23/ تشرين أول - القوس 22/ تشرين ثاني - الجدي 22/ كانون أول / الدلو 21/ كانون ثاني/ الحوت 21/ شباط.

نظام التوقيت

اعتمد مفهوم الإنسان للزمن على سطح الأرض على التناوب الدوري لليل والنهار من جهة، وتناول الفصول الأربعة من جهة أخرى، حيث حاول منذ القدم تتبع ما ينجم عن مرور الوقت من تغيرات مثل ملاحظة مسار الشمس في النهار بين شروقها وغروبها، وحاول مراقبة القمر في طلوعه وأفوله، وفي مراحله المتعددة، واتفق الناس على ما يعرف باليوم كوحدة لقياس الزمن. وهناك نوعان من الأيام.

اليوم الشمسي Solar day : وطوله 24 ساعة تقريباً. ويعرف على أنه الفترة الزمنية بين شروقين أو غروبين متتاليين للشمس أو الفترة الزمنية التي تحتاجها الشمس لتقطع خط الزوال لراصد ما على الأرض مرتين متتاليتين. (الشكل 8 - 18).

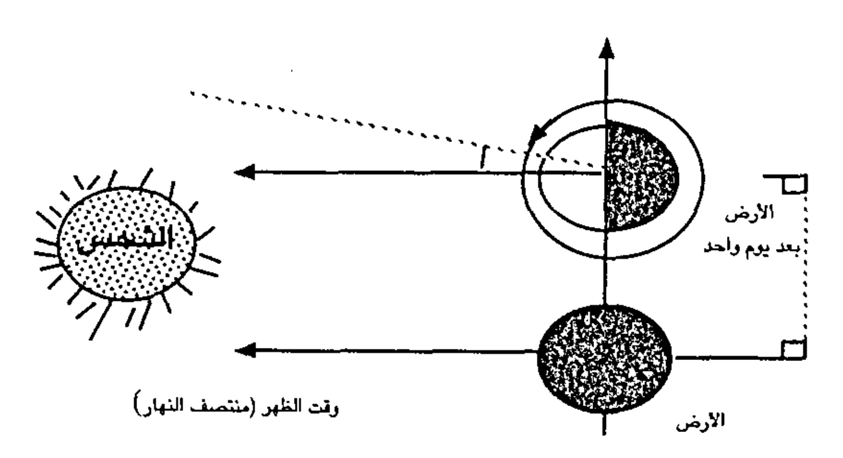
اليوم النجمي Sidereal day : ويبلغ طوله 23 ساعة و 56 دقيقة، و 4 ثوان، وهو الفترة الزمنية التي تحتاجها الأرض لتدور دورة كاملة حول محورها الوهمي. أو الفترة الزمنية التي يحتاجها نجم ما (عدا الشمس) ليقطع خط الزوال لراصد ما على الأرض مرتين متتاليتين. لاحظ أن طول اليوم النجمي أصغر من طول اليوم الشمسي بحوالي 4 دقائق تقريباً، وهذا النقص ناتج عن انتقال الأرض بمعدل درجة واحدة عن مدارها حول الشمس في اليوم الواحد.

وعندما حاول الإنسان استخدام وحدة أكبر لقياس الأيام، استخدم الشهر Month ومدته 30 يوماً تقريباً، ومن الواضح أن هذا المصطلح مأخوذ من كلمة القمر Moon، حيث رصد الناس حركة القمر الظاهرية حول الأرض، فعرف الناس بأن القمر يحتاج إلى 27.5 يوم ليكمل دورة حول الأرض، هذا لو كانت الأرض ثابتة. ولكن الأرض تدور حول الشمس في نفس الوقت الذي يدور فيه القمر حول الأرض، الأمر الذي يمدد دورة القمر حول الأرض إلى 29.5 يوم. وهي الفترة الزمنية بين ظهور القمر على شكل هلال جديد مرتين متتاليتين. وبعدها حاول الإنسان قياس فترات أطول كعمر الإنسان، مثلاً فاستخدم وحدة السنة، وهي الفترة الزمنية التي تحتاجها الأرض لتكمل دورة كاملة في مدارها حول الشمس. حيث استخدمت السنة الشمسية Tropical Year وتعادل 365.24 يوم، وتقاس بالفترة الزمنية التي تحتاجها الشمس لتقطع نقطة الاعتدال الربيعي مرتين متتاليتين. وهناك ما يعرف بالسنة النجمية Sidereal Year) وتقاس بالفترة الزمنية التي تحتاجها الأرض لتكمل دورة كاملة حول الشمس بالنسبة لنقطة ثابتة بين النجوم وتعادل 25 ,365 يوم.

ولما كان زمن دورة الأرض حول الشمس تعادل 365,25 يوم، وتسهيلاً للأمر، فقد حذف الكسر وجعلت السنة العادية (المدنية) 365 يوم. وأما ما يستجمع من الكسر المحذوف كل أربع سنوات وهو يوم كامل، فيضاف إلى كل سنة رابعة، وتدعى بالسنة الكبيسة Leap Year وتعادل 366 يوماً.

والحق أن التقويم الهجري الذي يؤرخ به المسلمون هو تقويم قمري، حيث اعتبرت السنة 12 شهراً قمرياً والشهر القمري تتراوح مدته ما بين 29 و 30 يوماً، أي أن السنة القمرية (الهجرية) تعادل 12 x 29.5 = 354 يوماً. أي أن السنة الهجرية أقصر من السنة الشمسية بأحد عشر يوماً تقريباً.

ويبدأ الشهر القمري عند المسلمون برؤية الهلال، وينتهي عند رؤيته في الشهر الثاني، حيث تسبق الليالي الأيام. وتكون أول ليلة يغرب فيها القمر بعد غروب الشمس هي الليلة الأولى لابتداء الشهر القمري. وفيما يلي أسماء الأشهر الهجرية القمرية ومعانيها :



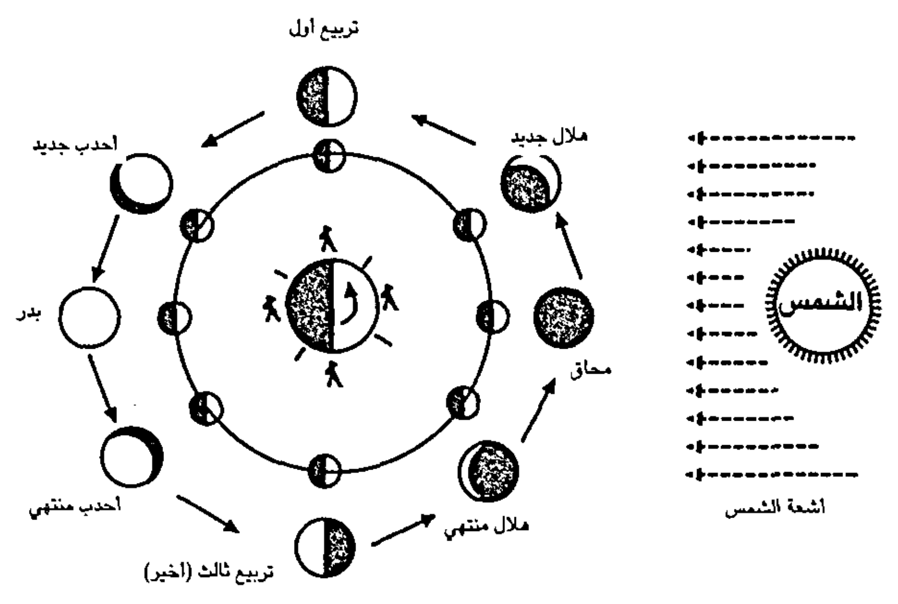
شكل (8- 18) اليوم الشمسي واليوم النجمي

محرم (الشهر الذي حرم فيه القتال)، صفر (شهر الجوع والهلاك)، ربيع الأول (يدل على بواكير الاعتدال الربيعي)، ربيع الآخر (يدل على أواخر الاعتدال الربيعي)، جمادى الأولى (يدل على برودة المناخ)، جمادى الآخرة (وفيه تظل موجة البرد سائدة ويدل على انتهاء البرودة)، رجب (ويعني الشهر الموقر ويمنع فيه القتال)، شعبان (سمي هكذا لتشعب العرب وتفرقهم طلباً للمياه)، رمضان (تشبيه بالرمضاء أي الحر الشديد)، شوال (موعد شولان الناقة بذنبها استعداداً للحمل)، ذو القعدة (كان العرب يقعدون فيه عن الغزو وطلب الكلأ)، ذو الحجة (شهر الحجيج إلى بيت الله الحرام).

أطوار القمر ودورانه حول الأرض Phases of the Moon

إن من يراقب القمر خلال إحدى الليالي، سيظهر له وكأنه يتحرك نحو الغرب مثل بقية النجوم، وذلك بسبب دوران الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق (بعكس عقارب الساعة)، إلا إن المراقبة المتتابعة للقمر لعدة ليال تبرهن بأن للقمر حركة دورانية باتجاه الشرق بالنسبة لأي خلفية من النجوم المجاورة الثابتة. وسترى كيف أنه يتأخر ظهوره تبعاً لذلك في كل ليلة بمقدار 50 دقيقة. وتفسير ذلك أن القمر يدور حول الأرض من الغرب الى الشرق وعكس عقارب الساعة ويقطع °360 خلال 27.5 يوماً تقريباً بالنسبة للنجوم. وتدعى هذه الدورة النجمية للقمر حول الأرض (Sidereal Period) وعلى هذا المعدل سيقطع حوالي °13 يومياً على مساره حول الأرض، وهذه تعادل 52 دقيقة زمنية يومياً على دائرة الساعة ويلاحظ المراقب أن شكل القمر يتدرج من الخيط الرفيع (الهلال) حتى البدر، وسبب هذا التغير أن الشمس تضيء أجزاء معينة من سطح القمر، والتي تنعكس إلى الأرض فيرى جزء بسيط منها، ليعتمد شكله على موقع القمر من الأرض والشمس وهذا يؤكد دوران القمر حول الأرض. ويحتاج القمر حتى يظهر لنا على الأرض من هلال جديد إلى هلال جديد آخر حوالي 29.5 يوم تقريباً وتدعى هذه بالدروة الاقترانية للقمر Synodic period وهي أكبر بحوالي يومين تقريباً، وذلك بسبب حركة الأرض حول الشمس في مسارها.

حيث تغير مكانها بحوالي °27 تقريباً، ولذلك يحتاج القمر ليومين إضافيين حتى يكمل دورة كاملة حول الأرض. الشكل (9 - 18).



شكل (9 - 18) تتغير أطوار القمر بسبب اختلاف مقادير السطح المضاء الممكن رؤيته من على الأرض.

منازل القمر

1) المحاق (القمر والوليد) New Moon : عندما يكون القمر في الوضع المبين في الشكل (9 - 18)، يكون نصفه المقابل للشمس مضاء (نهار)، والنصف الآخر المقابل للأرض مظلم (ليل)، ويكون الثلاثة على استقامة واحدة، الشمس والقمر والأرض تقريباً، فلا يرى من القمر شيئاً بالنسبة لنا على الأرض.

2) الهلال الجديد (Waxing Crescent) : عندما يصل القمر هذا الموضع يكون عمره حوالي 2 - 3 أيام، فيضاء نصفه، ولكننا لا نستطيع أن نرى إلا جزءاً بسيطاً من القسم المضاء، فيظهر على شكل (حرف C مقلوبة)، ويظهر في الأفق الغربي من السماء بعد مغيب الشمس مباشرة.

3) التربيع الأول (First Quarter) : وهنا تكون الزاوية الحادثة بين موضع الشمس والأرض والقمر (قائمة 90°)، ويرى الجزء المنير من القمر على شكل حرف (D بالإنجليزية نصف دائرة)، ويكون عمره أسبوع تقريباً لأنه قطع ربع مساره حول الأرض بالنسبة للنجوم.

4) الأحدب الجديد (Waxing Gibbous) : وهنا تكون الزاوية الحادثة بين مكان الشمس والأرض والقمر زاوية منفرجة (عكس عقارب الساعة)، ويكون عمر القمر من 10 - 12

يوم، حيث يكون الجزء المنير عبارة عن قرص دائري ناقصاً منه جزء على شكل هلال من الطرف الأيسر.

5) البدر (Full Moon) : وهنا يقع القمر على استقامة الشمس والأرض، ويصبح عمره حوالي 14 يوماً ويكون قد قطع نصف مساره حول الأرض، ويظهر لنا لأول مرة فوق الأفق الشرقي وقت غروب الشمس، الساعة السادسة مساء تقريباً. ويظهر نصف القمر مضاء تقريباً على شكل قرص دائري.

6) الأحدب المنتهي (Waning Gibbour) : وهنا يكون عمر القمر حوالي 17 - 18 يوم ويظهر الجزء المنير من القمر على شكل قرص دائري ناقصاً هلالاً من الطرف الأيمن.

7) التربيع الثالث (Third Quarter) : وهنا تكون الزاوية الحادثة بين مكان الشمس والقمر والأرض قائمة (مع عقارب الساعة)، وعمره حوالي 21 يوماً، حيث يكون قد قطع ثلاثة أرباع المسار الدائري حول الأرض بالنسبة للنجوم، ويظهر الجزء المنير على شكل حرف D مقلوبة. (نصف دائرة).

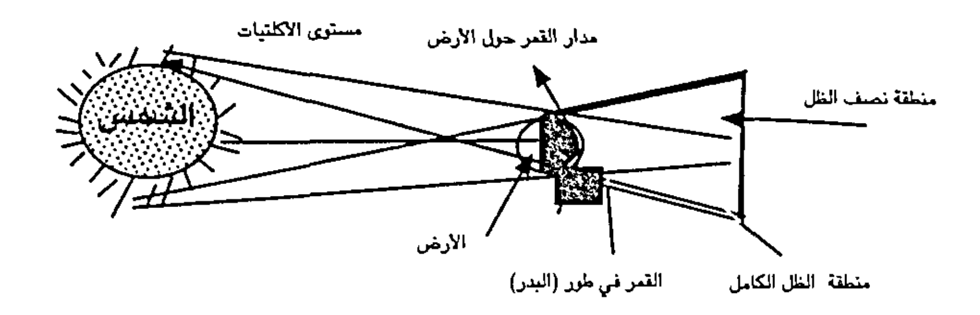
8) الهلال القديم (Waning Cresent) : ويكون عمره حوالي 24 - 25 يوم، ويظهر على شكل (حرف C)، ولمشاهدته يجب رصده قبل شروق الشمس بقليل في الأفق الشرقي.

وتجب الإشارة هنا إلى أن المراقب الموجود على القمر، يشاهد أطوار للأرض أيضاً. وهي المراحل التي تكمل الأطوار القمرية حتى الوصول إلى القرص المضاء بشكل كامل.

ظاهرتي الخسوف والكسوف

خسوف القمر (Lunar Eclipse) :

يحدث خسوف القمر عند توسط الأرض بين الشمس والقمر، وحجبها الضوء عن القمر، وبشكل عام عندما يقع القمر أثناء مسيره في مداره بالقرب من الخط المستقيم الواصل بين مركزي الشمس والأرض وعبوره منطقة ظل الأرض المخروطي الشكل المتكون في الفضاء الخارجي. الشكل (10 - 18).

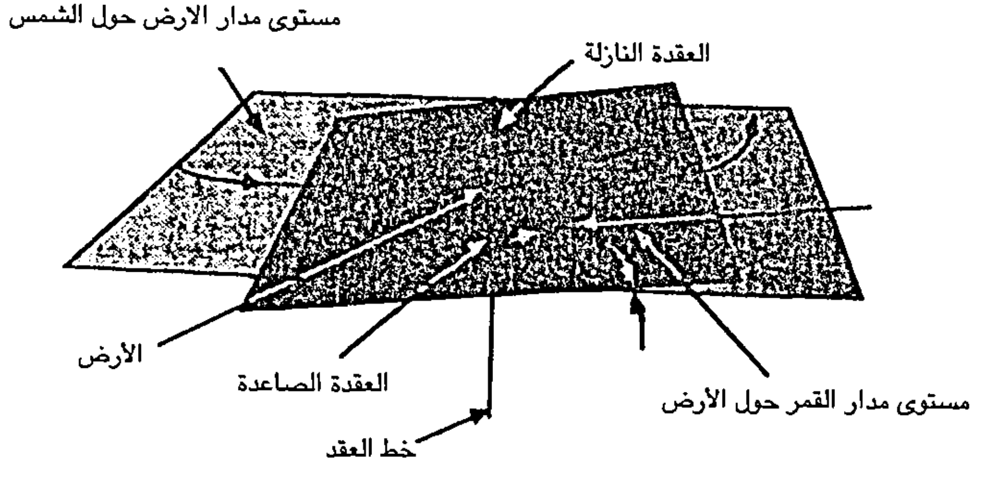


شكل (10 - 18) الخسوف الكلي للقمر

وشروط حدوث الخسوف الكلي للقمر (Total Lunar Eclipse) هي :

أ) يجب أن تكون كلاً من الشمس والأرض والقمر على استقامة واحدة، كما في الشكل أعلاه. وذلك عندما يكون القمر بدراً، (مرة في الشهر).

ب) يجب أن يكون القمر عند إحدى العقدتين، وتنتج العقدتين بسبب ميلان مستوى مدار القمر حول الأرض مع الأكليتك (مستوى مدار الأرض حول الشمس) بزاوية تعادل 5°، حيث يتقاطع المستويان في نقطتين تدعيان بالعقدة الصاعدة، والعقدة النازلة. شكل - 18) .11)



شكل (11 - 18) يوضح ميلان مستوى مدار القمر على الاكليتك حيث يتقاطع المستويان.

ويبلغ طول مخروط ظل الأرض حوالي 558 ألف ميل. وسمكه حوالي 5.7 ألف ميل، وسرعة القمر في مداره حوالي 2000 ميل في الساعة، وقطر القمر حوالي 2160 ميل،

لذلك يحتاج القمر إلى ساعة كاملة من الوقت للدخول إلى منتصف الظل، وساعتين تقريباً حتى يقطع مخروط الظل كلياً، ويحتاج للخروج من منتصف الظل حوالي ساعة أخرى.

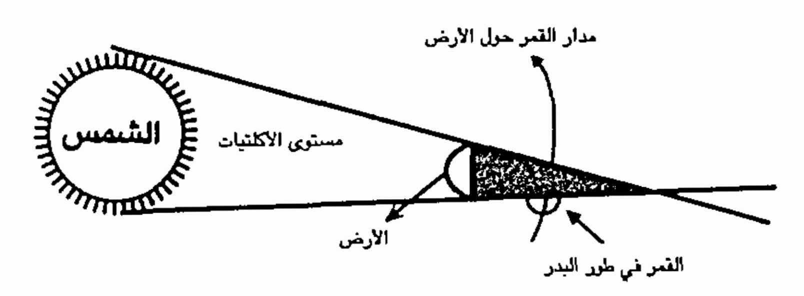
والجدير بالذكر أن القمر لا يختفي تماماً عندما يمر في مخروط الظل بل يبقى مرئياً، ويظهر بلون قرميدي (أحمر) وهذه الإضاءة الجزئية بسبب انكسار أشعة الشمس عن الغلاف الجوي للأرض (كعدسة)، حيث يشتت ويمتص الأشعة الزرقاء والبنفسجية، ويمرر الأشعة البرتقالية والحمراء فقط.

الخسوف الجزئي للقمر Partial Lunar Eclipse :

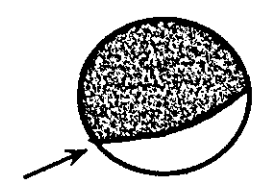
ويحدث عندما يمر جزء من القمر خلال منطقة الظل، وعندها يغطي ظل الأرض قسماً من القمر، ويكون الحد الفاصل بين الجزء المضيء وغير المضيء على شكل قوس دائري، ليدل على كروية شكل الأرض.

ويرى خسوف القمر في جميع مناطق نصف الكرة الأرضية التي يكون عندها ليل. وقد يتوقع البعض أن يحدث الخسوف مرة كل شهر (عندما يكون القمر بدراً)، ولكن بسبب ميلان مستوى مدار القمر حول الأرض على الاكليتك، يقضي القمر في مساره نصف الوقت فوق الاكليتك، والنصف الآخر من الوقت تحت الاكليتك. ولا يقع في نفس مستوى الاكليتك (شرط الاستقامة الصحيحة)، إلا جزءاً ضئيلاً من الوقت.

وتدل الحسابات الفلكية الحالية المرتبطة بدورة الساروس على أن عدد الخسوفات الممكنة الحدوث تتراوح من صفر إلى ثلاثة خسوفات قمرية في السنة الواحدة. شكل (12 - 18).



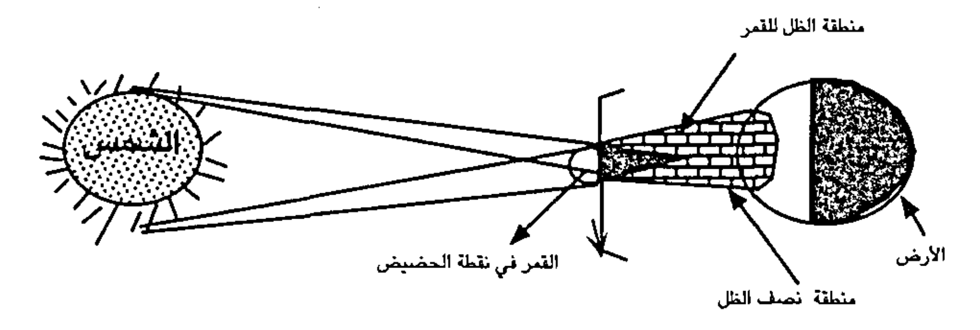
شكل (12 - 18) يوضح القمر وهو يعبر منطقة الظل الكامل للأرض فيحدث خسوف جزئي له.



شكل (13 - 18) الخسوف الجزئي للقمر

كسوف الشمس Solar Eclipse :

يحدث كسوف الشمس حين يتوسط القمر بين الأرض والشمس، بحيث يحجب ضوء الشمس عن الأرض. والكسوف نوعان :



شكل (14 - 18) كسوف الشمس الكلي لمشاهد في منطقة تلاقي مخروط ظل القمر مع الأرض ويرى مشاهد في منطقة نصف الظل كسوف جزئي للشمس.

كسوف الشمس الكلي Total Solar Eclipse

ويحدث حين يبلغ مخروط ظل القمر سطح الأرض، مما يؤدي إلى احتجاب نور الشمس كلياً عن منطقة صغيرة على سطح الأرض، ويكون قرص الشمس عندها مظلماً حالك السواد، تحيط به هالة من نور وهاج، ويظلم الجو، وتهبط الحرارة، وتلجأ الحيوانات إلى أوكارها، ومن شروط حدوثه :

أ) أن يكون القمر (محاقاً)، أي في آخر ليلة من ليالي الشهر القمري.

ب) أن تكون الشمس والأرض وبينهما القمر في (حالة اقتران، أي على استقامة واحدة)، أو قريباً جداً من ذلك.

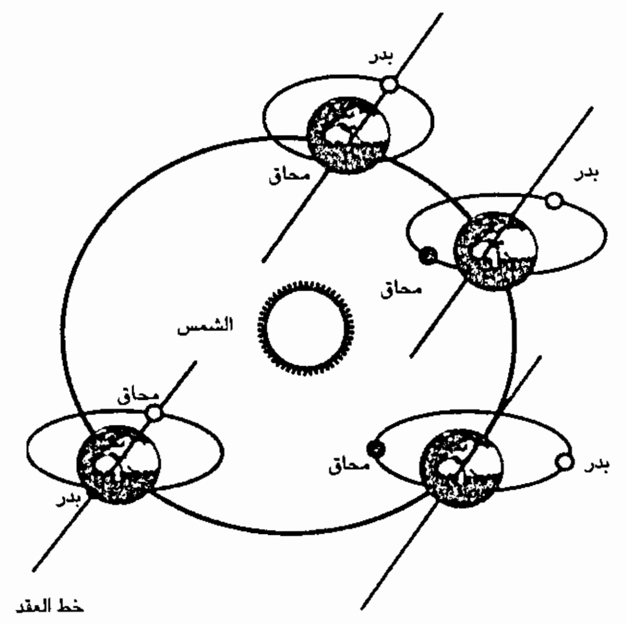
جـ) أن تكون المسافة يومها بين الأرض والقمر كافية لبلوغ مخروط الظل سطح الأرض (أي أن القمر في نقطة الحضيض على مساره).

ويستمر كسوف الشمس الكلي لمدة تتراوح ما بين 4 - 7.5 دقائق تقريباً، ولا يظهر إلا على منطقة صغيرة، بضعة كيلو مترات مربعة. شكل (15 - 18).

كسوف الشمس الجزئي Partial Solar Eclipse

ومن شروط حدوثه :

أ) أن يكون القمر (محاقاً)



شكل (15 - 18) شرط حدوث كسوف الشمس عندما يكون القمر محاقاً وقريب جداً من خط العقد بينما يحدث خسوف القمر فقط إذا كان القمر بدراً وقريباً جداً من خط العقد.

ب) أن تكون الشمس والأرض وبينهما القمر في حالة اقتران (أو قريب من الاقتران)، أي أخفض قليلاً أو أعلى قليلاً من الخط الواصل بين مركزي الشمس والأرض.

جـ) وصول مخروط نصف الظل لجزء من سطح الأرض. وهنا تظهر الشمس كاملة ولكنها باهتة النور، كامدة اللون. وحينما يسقط جزء جانبي من مخروط ظل القمر على سطح الأرض، فإنه يغيب قسماً من الشمس عنها، ويبدو ذلك الجزء مظلماً، بينما بقية أجزاء الشمس كالحة النور، وكأنه غشاها حجاب. شكل (17 - 18).

وهناك نوع يدعى الكسوف الحلقي Annular Solar Eclipse :

ومن شروطه ليتحقق :

أ) أن يكون القمر محاقاً.

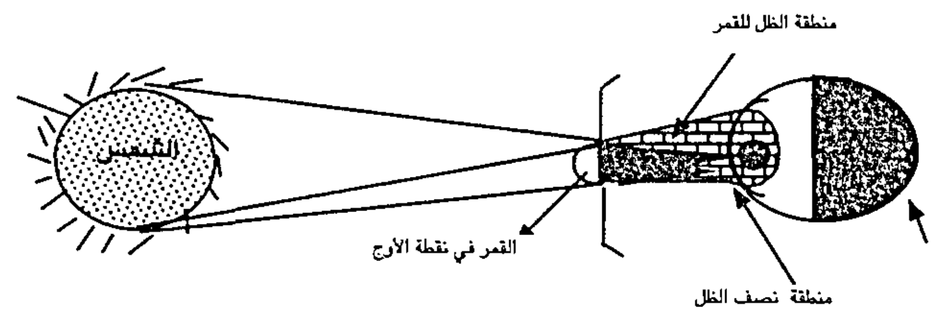
ب) أن تكون الشمس والأرض وبينهما القمر على استقامة واحدة (في حالة اقتران).

جـ) أن لا يصل رأس مخروط ظل القمر لسطح الأرض، بل يكون قريب منها كما في الشكل (16 - 18).

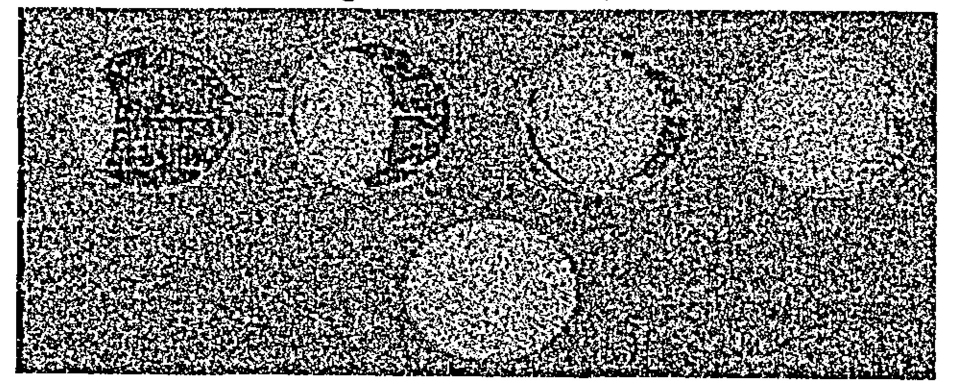
وهذا ينتج عندما يكون القمر في أبعد نقطة ممكنة (نقطة الأوج).

وهنا لا نرى الشمس مكسوفة كلياً من أي مكان على سطح الأرض، وإنما تبدو الشمس بصورة حلقة مضيئة.

وتعد ظاهرة الكسوف حدثاً فلكياً هاماً، حيث يرتحل الفلكيون آلاف الأميال ليقوموا برصد ودراسة الهالة الشمسية، في أفضل ظروف مثل هذه، وهذه تساعدهم بدورها على معرفة تركيب الشمس والتفاعلات الموجودة، ويحذر العلماء من النظر إلى نور الهالة الشمسية بالعين المجردة، لأنه يؤذي العين، وقد يسبب العمى. وأما ظاهرة خسوف القمر فهي مهمة أيضاً، إذ يقوم العلماء بقياس تغير درجة السطوع (اللمعان) لقرص القمر في فترة الخسوف الكامل بأجهزة خاصة.



شكل (16 - 18) يوضح الكسوف الحلقي للشمس، كما يرى في منطقتي الظل (الذي لا يصل الأرض حقيقة) أو نصف الظل على سطح الأرض.



شكل (17 - 18) يوضح تطور كسوف الشمس، يبدو وكأن القمر جزءاً من قرص الشمس ويزداد حجمه تدريجياً من كسوف جزئي حتى يتم حدوث الكسوف الكلي للشمس.

الخلاصة

درسنا في هذا الفصل آثار الأمم السابقة وأعمالهم، في مجال الفلك، وقمنا بدراسة السماء الليلية وما يراه الإنسان من نجوم وكواكب، والقمر في أطواره المختلفة، وظاهرة الفصول الأربعة، ومنطقة البروج والتوقيت، كما وضحنا ظاهرتي الخسوف والكسوف، وسنتعرض في الفصل اللاحق إلى استخدام التلسكوبات في الدراسات الفلكية الحديثة.

أسئلة وتمارين

1) عرف ما يلي : علم الفلك، الكرة السماوية، دائرة الأفق، دائرة البروج.

2) ما المقصود بكل من : زاوية صعود النجم، زاوية ميل الجرم السماوي، زاوية اتجاه الجرم السماوي، خط العقد.

3) أ. متى يحدث خسوف القمر؟

ب. ما هو طور القمر عند حدوث الكسوف الكلي للشمس.

جـ. ما نوع الكسوف الشمسي الذي يحدث إذا كان القمر في نقطة الأوج؟

4) لماذا لا يحدث الخسوف والكسوف كل شهر؟

5) مشاهد على خط عرض ($+27^{\circ}$) كم مرة في السنة سيرى الشمس فوق نقطة سمته؟

6) إذا غابت الشمس في الساعة السادسة مساء، وغاب القمر في التاسعة مساء من نفس الليلة، ففي أي طور يكون القمر؟

7) إذا كان النجم اللامع (سيريس) يشرق في الساعة العاشرة مساء لليلة ما، فمتى يكون شروقه في الليلة التالية؟

8) إذا شاهدت النجم القطبي الشمالي (بولاريس) من مكانك على الأرض وكانت زاوية ارتفاعه عن الأفق الشمالي (30°) فما هو خط عرض المكان الذي تقف عليه؟

9) نجم يقع على خط زوال مشاهد ما وعلى بعد (25°) شرقي نقطة الاعتدال الربيعي، فما هي زاوية صعود النجم؟ (بالساعات والدقائق والثواني).

10) أ. لماذا تتغير درجة الحرارة على سطح الأرض خلال فصول السنة؟

ب. لماذا يختلف طول اليوم الشمسي عن اليوم النجمي؟

جـ. لماذا يتغير شكل المجاميع النجمية في السماء من وقت لآخر طوال السنة؟

د. لماذا تبدو حركة النجوم في السماء من الشرق إلى الغرب؟

هـ. لماذا يظهر القمر لنا بمنازل مختلفة؟

11) اذكر بعض علماء الفلك العرب والمسلمين.

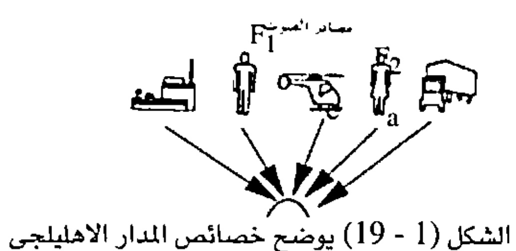
الفصل التاسع عشر

المجموعة الشمسية

مقدمة

تتكون المجموعة الشمسية من نجم واحد هو الشمس (تبلغ كتلته 99.9% من كتلة المادة الكلية في المجموعة) والكواكب، وتوابعها، والكويكبات، والشهب، والنيازك. وتدور الكواكب حول الشمس في مدارات اهليليجية (ذات قطع ناقص) والمدار الاهليلجي هو منحنى مغلق يقع في مستوى وله محوران احدهما كبير نصف قطره (a)، والآخر صغير نصف قطره (b) ويوجد له بؤرتان (F2, F1) على المحور الكبير، حيث تكون الشمس في احدى البؤرتين. والنقطة (O) في الشكل هي مركز القطع الناقص، وتبعد كل من البؤرتين المسافة (C) عن مركز القطع الناقص (O). الشكل (1 - 19) والعلاقة التي تربط هذه المتغيرات هي :

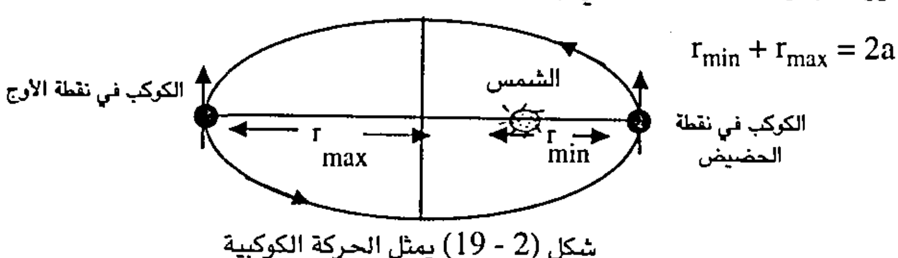
$$C = \sqrt{a^2 - b^2}$$



الشكل (1 - 19) يوضح خصائص المدار الاهليلجي

كما أن (أقل بعد للكوكب عن الشمس) + (أعظم بعد للكوكب عن الشمس) = قطر المحور الكبير للمدار الاهليلجي وبالرموز :

$$r_{min} + r_{max} = 2a$$



شكل (2 - 19) يمثل الحركة الكوكبية

وتحسب قيمة الشذوذ المركزي للمدار eccentricity بالعلاقة التالية :

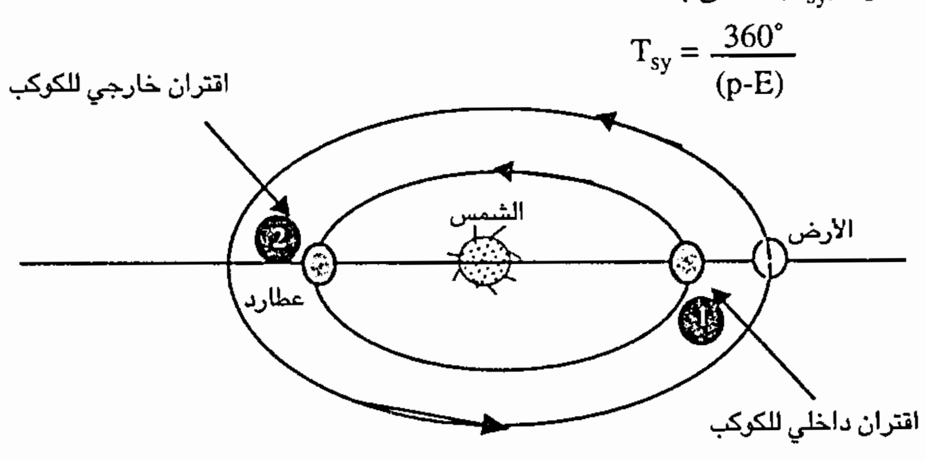
$$e = \frac{c}{a} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

وتتراوح قيمة الشذوذ المركزي لمدارات الكواكب ما بين $0 < e < 1$.

وللكواكب حركتان احدهما محورية حول نفسها من الغرب إلى الشرق وعكس عقارب الساعة (في معظم الحالات). تعرف باليوم الكوكبي، وللكواكب حركة مدارية حول الشمس أيضاً من الغرب إلى الشرق وعكس عقارب الساعة الشكل (2 - 19) والزمن اللازم لإكمال هذه الدورة حول الشمس كما ترى من قبل النجوم تعرف بالدورة النجمية للكوكب Sidereal period.

وتختلف هذه عن الدورة الاقترانية للكوكب (Synodic period) حول الشمس وتعرف على أنها الفترة اللازمة للكوكب ليكون على استقامة واحدة مع الأرض والشمس مرتين متتاليتين (وعندما يكون الكوكب ما بين الأرض والشمس نقول أن هذا اقتران داخلي، وإذا كانت الشمس بين الأرض والكوكب نقول أن هذا الوضع اقتران خارجي. وتوجد صيغتين مختلفتين لحساب الدورة الاقترانية للكواكب، احدهما تستخدم للكواكب الداخلية مثل (عطارد والزهرة) (Inferior Planets) والأخرى للكواكب الخارجية (مثل المريخ، المشتري، زحل ...) (Superior Planets وعلى هذا إذا كان المتغير (P) يمثل عدد الدرجات التي يقطعها الكوكب على مداره حول الشمس في اليوم، والمتغير (E) يمثل عدد الدرجات التي تقطعها الأرض على مدارها حول الشمس في اليوم فإن الدورة الاقترانية للكواكب الداخلية (T_{sy}) تعطى بالعلاقة :

$$T_{sy} = \frac{360^\circ}{(p-E)}$$



شكل (3 - 19) الدورات الاقترانية للكواكب

مثال : الدورة النجمية لكوكب عطارد حول الشمس هي 88 يوماً، وللأرض 365.25 يوم احسب الدورة الاقترانية لعطارد؟

الحل :

$$p_{\text{لعطارد}} = \frac{°360°}{88\ day}$$

$$E_{\text{للأرض.}} = \frac{°360}{365.25\ day}$$

$$T_{sy\ \text{لعطارد}} = \frac{360°}{\frac{°360°}{88\ day} - \frac{°360°}{635.25\ day}} = 116\ days$$

وتحسب الدورة الاقترانية للكواكب العملاقة بالصيغة التالية :

$$T_{sy} = \frac{360°}{E - p}$$

كما أن الكواكب تقسم حسب حجمها وكثافتها إلى مجموعتين : الأولى وتدعى بالكواكب الارضية وتشمل (عطارد والزهرة والارض والمريخ وبلوتو) حيث تتشابه مع الارض في حجمها وكثافتها تقريباً. والمجموعة الثانية وتدعى بالكواكب العملاقة وتشمل المشتري وزحل واورانوس ونبتون) وهي كبيرة الحجم قليلة الكثافة. وتصنف الكواكب بالنسبة لبعدها عن الشمس فهناك الكواكب الداخلية وتشمل (عطار والزهرة) والكواكب الخارجية وتشمل (المريخ والمشتري وزحل واورانوس ونبتون وبلوتو).

وتقع معظم مدارات هذه الكواكب في نفس المستوى تقريباً، ويؤدي ميلان محور دوران الكوكب على العمودي على المدار إلى وجود ظاهرة الفصول الأربعة على سطح الكوكب كما هو الحال على الارض، وتبدو الكواكب لامعة في الليل بسبب انعكاس اشعة الشمس عن اسطحها واغلفتها الجوية ولذلك يعرف معامل البياض للكوكب (Albedo) بأنه النسبة بين الاشعة المنعكسة الى الاشعة الساقطة على الكوكب. ويعد الماء والجليد والغيوم مواد ذات قدرة عالية على انعكاس الضوء مقارنة بالاتربة والصخور على الأرض. وسنتعرض بالشرح لكل كوكب من هذه الكواكب حسب بعدها عن الشمس وهي كالتالي :

كوكب عطارد The Planet Mercury

وهو اقرب الكواكب إلى الشمس، ويمكن رؤيته بالعين المجردة في السماء وأفضل الاوقات لرؤيته آذار، ونيسان، وآب، وأيلول، حيث تكون استطالته الصباحية أو المسائية

حوالي °28 من موقع الشمس، ويظهر إما قبل شروق الشمس أو بعد غيابها مباشرة.



صورة (1 - 19) عطارد كما التقطتها سفينة الفضاء مارينر 10

وبسبب كون مداره داخل مدار الأرض فإن عطارد يعبر احياناً أمام الشمس، ويرى المشاهد على الأرض دائرة سوداء صغيرة (تغطي حوالي 1% من قطر الشمس) تقطع قرص الشمس ببطء ويدعى هذا الوضع (الاقتران الداخلي) ويحدث ذلك فقط في شهري أيار وتشرين الأول، وهو نادر الحدوث بسبب أن مدار كوكب عطارد يميل على مستوى مدار الأرض بزاوية كبيرة (°7) ولذلك عند عبوره الخط الواصل بين الارض والشمس يكون إما شماله أو جنوبه ولكوكب عطارد اطوار شبيهة بالقمر (هلال، تربيع أول..الخ).

وإليك أهم الخصائص الطبيعية لكوكب عطارد :

متوسط بعده عن الشمس 0.387 وحدة فلكية، والشذوذ في مركزية المدار 0.2056، وميل مستوى مداره على الاكليتك "146 '0 °7، وفترة الدوران حول الشمس 88 يوم (الدورة النجمية) (عكس عقارب الساعة) من الغرب إلى الشرق. أما دورته الاقترانية حول الشمس فهي 116 يوم، وفترة الدوران حول المحور 58.7 يوم (عكس عقارب الساعة) من الغرب إلى الشرق، وميل دائرة استوائه على مستوى مداره °28 ومعدل سرعته المدارية حول الشمس 48 كم / ثانية، والقطر الظاهري له "10.88، والقطر الحقيقي 0.382 من قطر الأرض، وكتلة الكوكب 0.055 من كتلة الارض، ومعدل الكثافة 5.42 غم / سم^3، وسرعة الهروب من الجاذبية 4.2 كم / ث، ودرجة الحرارة °K 700 (على سطحه النهاري)، وهي °K 100 (على سطحه الليلي)، ومعامل البياض 0.06 ولا يوجد له اقمار.

المجال المغناطيسي

موجود ولكنه ضعيف ويعادل حوالي 1% من شدة المجال المغناطيسي الارضي (حسب نتائج سفينة الفضاء مارينر - 10 عام 1974م).

الغلاف الجوي

يحتفظ عطارد حوله بغلاف جوي بسيط بسبب صغر كتلته ومن ثم جاذبيته وأيضاً لارتفاع حرارته بشكل كبير نظراً لقربه من الشمس الأمر الذي أدى إلى تبخر جوه.

التركيب الجيولوجي

1- طبقة القشرة الصلبة (Crust) : وتتميز بوجود فوهات بركانية ومرتفعات جبلية ومناطق مغبرة (ترابية) ويقدر سمكها حوالي (20) كم وتشبه صخوره الارض والقمر ما عدا احتوائها على نسبة قليلة من العناصر المتطايرة.

2- طبقة الوشاح (Mantle) : ويبلغ سمكها حوالي 600 كم ولا يعرف تركيبها على وجه الدقة ولكن يعتقد أنها مكونة من مادة السيليكات.

3- طبقة اللب (Core) : ويعتقد الفلكيون أنه كثيف جداً، وذلك لاحتوائه على كميات كبيرة من الحديد المصهور (بدليل وجود مجال مغناطيسي على سطحه)، ويبلغ سمكها حوالي 1800 كم، ويدل وجود المعادن الثقيلة في لبه على حدوث عملية الترسيب التفاضلي للمعادن عندما كانت مصهورة في بداية عمر الكوكب. وربما يعود سبب انصهار اللب وجود مصدر حرارة كبيرة ناتجة عن الاحتكاك الداخلي بين طبقاته وقوى المد والجزر الناتجة عن قوى الجذب الثقالي بين الشمس وعطارد.

كوكب الزهرة The Planet Venus

يعد كوكب الزهرة من المع الاجرام السماوية (باستثناء الشمس والقمر) ويظهر الكوكب في السماء في الليالي الصحوة بعد غروب الشمس ولمدة تقرب من ثلاث ساعات (كنجم ليلي) لمدة أقل من عشرة شهور، أو يمكن مراقبته كنجم صباحي في الخريف قبل شروق الشمس حتى بزوغ الفجر لمدة أقل من عشرة شهور أخرى ويظهر لكوكب الزهرة أطوار كالقمر وعطارد، وتبلغ أقصى استطاله صباحية أو مسائية له حوالي (46°).



صورة (2 - 19) لكوكب الزهرة التقطتها السفينة الفضائية مارينر 10

ويحدث احياناً أن يعبر أمام الشمس ويستغرق عبوره حوالي ثمان ساعات على الأكثر. ومع ذلك فهذا يحدث نادراً لكون مدار الكوكب يميل إلى الاكليتك حوالي (3°) واليك الخصائص الطبيعية لكوكب الزهرة :

متوسط بعده عن الشمس 0.72 وحدة فلكية. والشذوذ في مركزية المدار 0.007 (مداره قريب جداً من الدائرة) وميل مستوى مداره على الاكليتك 3.4° وفترة الدوران حول الشمس 225 يوم (الدورة النجمية، عكس عقارب الساعة) من الغرب إلى الشرق، وأما دورته الاقترانية فهي 584 يوم، وفترة الدوران حول المحور 243 يوم (مع عقارب الساعة من الشرق إلى الغرب)، وميل دائرة استوائه على مستوى مداره 3° (أي أن محور الدوران يميل بضع درجات عن العمودي على مستوى المدار). ومعدل سرعته المدارية حول الشمس 35 كم / ث. والقطر الظاهري يتراوح ما بين ("11 - "61)، والقطر الحقيقي 0.95 من قطر الارض. وكتلة الكوكب 0.85 من كتلة الارض. ومعدل الكثافة 5.3 غم / سم^3. وسرعة الهروب من الجاذبية 10.3 كم / ث، ودرجة الحرارة 240 K° (الطبقات العليا للغيوم)، و 750 K° (درجة حرارة سطحه). مع العلم أن التباين في درجة حرارة السطح النهاري والليلي صغير. ومعامل البياض = 0.76 ولا يوجد له أقمار.

المجال المغناطيسي

غير موجود، واذا كان موجوداً فإن شدته أقل من 1% من شدة المجال المغناطيسي الارضي ولا يوجد أحزمه فان والن التي تعمل على حجز الدقائق المشحونة (كالبروتونات) ذات الطاقة العالية، ولذلك يخلو كوكب الزهرة من الحياة المعروفة على الارض.

الغلاف الجوي

يحتفظ كوكب الزهرة بغلاف جوي سميك، وبشكل عام يبدو أنه مستقر نسبياً بالمقارنة مع جو الارض وذلك بسبب كون كثافته وضغطه الجوي أكبر منه في حالة جو الارض ودورانه البطيء حول نفسه والتي تعمل جميعها على تقليل حركة الكتل الغازية. وتزداد درجة الحرارة مع الهبوط في الغلاف الجوي نحو سطح الزهرة، كما ويزداد الضغط الجوي بنفس الاتجاه أيضاً، إذ يبلغ الضغط الجوي عند السطح حوالي (90) مرة من الضغط الجوي على سطح الأرض.

وهذا ما يمنع اجهزة الإرسال في السفن الفضائية التي حاولت الهبوط على سطحه من العمل. وتعمل الغيوم على عكس نسبة كبيرة من أشعة الشمس الساقطة على الكوكب. وتتألف الغيوم من قطرات من حامض الكبريتيك أو شوائب دخانية (من أصل بركاني) ويتركب الغلاف الجوي كيميائياً من المواد التالية :

غاز ثاني اكسيد الكربون بنسبة 96% تقريباً وهذه تعادل نفس كمية ثاني اكسيد الكربون الموجود على الارض سواء على شكل صخور على هيئة (كربونات) أو مذاب في مياه البحار. وغاز النيتروجين بنسبة 2%، كما ويوجد شوائب متنوعة مثل بخار الماء بنسبة 0.05%، والاكسجين 0.1% والأرغون، والنيون، والكبريت على هيئة غاز ثاني اكسيد الكبريت SO_2 والذي يعمل على امتصاص الاشعة الفوق بنفسجية التي تصل الزهرة، أو على هيئة حامض كبريتيك حيث يتكاثف أحياناً من طبقات الغيوم السفلى على شكل قطرات سائلة (كمياه الامطار على الأرض). وتعزى درجة الحرارة العالية على سطح كوكب الزهرة إلى ظاهرة البيت الأخضر (Green House Effect) حيث يقوم الغلاف الجوي للزهرة بامتصاص الطاقة الشمسية الواردة إليه جزئياً، (4000 - 7000) انجستروم، حيث ينفذ في معظمه إلى السطح ويقوم بتسخينه، إلى درجة معينة حيث يبدأ السطح باشعاع فوتونات ضوئية ذات امواج طويلة تدخل في مجال الاشعة تحت الحمراء (infra-red) حيث تصل طول موجتها إلى 10^4 انجستروم. فيقوم غاز ثاني اكسيد الكربون بامتصاص هذه الاشعة ويخزنها لفترة، ثم يشعها مرة ثانية إلى سطح الكوكب، فيسخن ويعاود الاشعاع من جديد، وهكذا يمنع غاز ثاني اكسيد الكربون في جو الزهرة من انطلاقها إلى الفضاء الكوني.

التركيب الجيولوجي

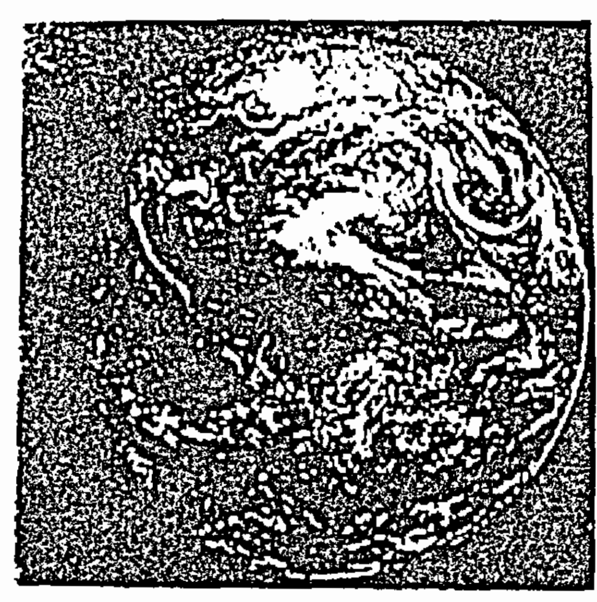
لم يتوفر معلومات كافية عما هو تحت السطح من طبقات، ولكن يبدو أن حوالي 65% من سطحه يتكون من سهول مستوية ومغطاة بالاحجار ذات الأصل البركاني، وتحوي تربته على ما نسبته 4% من البوتاسيوم ونسبة ضئيلة من اليورانيوم والثوريوم وتوجد جبال شاهقة الارتفاع حيث تغطي ما نسبته 8% من سطحه.

وتوجد الاودية الطويلة والعريضة والعميقة حيث تغطي ما نسبته 27% من سطحه تقريباً ودلت الأبحاث على وجود نشاطات بركانية على سطحه، ووجود ظاهرتي البرق والرعد بشكل متواصل. كما أن صخوره لها حواف حادة مما يدل على عدم وجود عوامل التعرية المعروفة على الارض (من رياح ومطر).

كوكب الأرض The Planet Earth

يتميز كوكب الأرض بوجود حياة عاقلة بشرية عليها، حيث خصها الله بجملة من الخصائص لتكون مكاناً صالحاً للعيش، من هذه الخصائص التنوع في المناخ على امتداد الفصول ووجود غلاف جوي يحمي الكائنات الحية من خطر الاشعاعات الضارة ووجود تابع لها وهو القمر يضيء لياليها الموحشة في الصحراء. وقد بينا في الوحدة الثالثة (الجيولوجيا) تركيب الغلاف الأرضي والغلاف الجوي، وأنواع الصخور والتربة الموجودة على الأرض وأهم الخصائص الطبيعية للأرض هي :

متوسط بعدها عن الشمس وحدة فلكية واحدة، وتعادل حوالي 149 مليون كيلو متر. والشذوذ في مركزية المدار 0.17، وفترة الدوران حول الشمس 365.256 يوم شمسي (الدورة النجمية) عكس عقارب الساعة من الغرب إلى الشرق، وفترة الدوران حول المحور $23^h\ 56^m\ 4^s$ (يوم واحد) عكس عقارب الساعة من الغرب إلى الشرق. وميل دائرة استوائه على مستوى مداره 23.5° ومعدل سرعتها المدارية



صورة (3 - 19) كوكب الأرض.

حول الشمس 30 كم / ثانية، القطر الاستوائي 12756 كم، والقطر القطبي حوالي 1274كم ومعدل كتلة الأرض $6.6\ 10^{24}$ Kg، ومعدل الكثافة 5.5 غم / $سم^3$ وسرعة الهروب من الجاذبية 11.2 كم / ث، ومعامل البياض 0.39 ولها قمر واحد يدور حولها. وعجلة الجاذبية عند مستوى سطح البحر 10 م /$ث^2$، وتبلغ كمية الطاقة الشمسية الواصلة لسطح الأرض 1.94 سعر حراري / $سم^2$ / دقيقة.

المجال المغناطيسي الأرضي

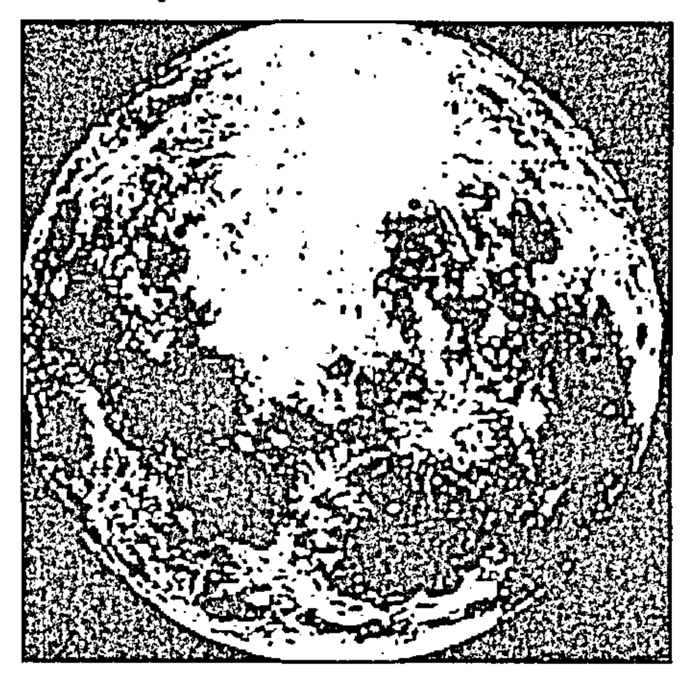
يشبه المجال المغناطيسي للارض شكل المجال الناشيء عن قضيب مغناطيسي، ويميل محور الأرض المغناطيسي على محورها الدوراني بحوالي 12° تقريباً (وله حركة ترنحية مع مرور الوقت). أما أصل هذا المجال المغناطيسي فيعود في الحقيقة إلى وجود تيارات لمصهور الحديد المتأين في اللب الخارجي للارض السريعة الدوران حول نفسها، مما ينتج عنه نشؤ تيارات كهربائية. لها شدة معينة، وحسب قانون (أمبير) في المغناطيسية ينتج مجال مغناطيسي يعتمد طردياً على شدة التيار الكهربائي.

ويعتقد العلماء أن شدة المجال المغناطيسي الارضي تتناقص تدريجياً مع الزمن وبعكس اتجاهه كل بضعة الآف من السنوات. ويمتد المجال المغناطيسي الارضي من باطن الارض إلى أعلى طبقات الغلاف الجوي الارضي، حيث يتفاعل مجال الارض المغناطيسي مع المجالات المغناطيسية المصاحبة للرياح الشمسية المكونة من جسيمات مادية مشحونة متحركة فينتج مجال مغناطيسي جديد يدعى المغنيتوسفير Magnetosphere والذي يمتد لأكثر من 80 الف كيلو متر باتجاه الشمس. وتعمل هذه الطبقة على منع الجسيمات المشحونة كالبروتونات والالكترونات والميونات والبايونات من الوصول للارض فتحرفها عن مسارها بفعل قوى المغناطيسية وبذلك تحمي الكائنات الحية من اخطارها. وتحاط الارض بحزامين يدعيان أحزمة فان ألن، الداخلي على بعد 3200 كم والخارجي على بعد 16 الف كيلو متر من سطح الأرض، حيث تحجز البروتونات الموجبة والالكترونات السالبة في تلك الاحزمة بتراكيز عالية وتدور هذه الجسيمات بشكل حلزوني مع خطوط القوى المغناطيسية الارضية، حيث ترتد من نصف الكرة الشمالية إلى نصف الكرة الجنوبية خلال بضعة أيام أو أسابيع مكونة الشفق القطبي عندما تتفاعل هذه الدقائق المشحونة مع جزيئات الهواء حيث يتوهج الجو بألوان زاهية.

القمر The Moon

للأرض قمر واحد يدور حولها باستمرار بينما هي تدور حول الشمس، وعلى الرغم من صغر حجمه وكتلته بالنسبة للارض فإنه يؤثر عليها بطريقة ملفتة للنظر كما هو الحال في

(المد والجزر)، ونتيجة لقربه من الارض تعرف الانسان إليه منذ القدم، عن طريق المشاهدة البصرية لمعرفة الكثير عن تضاريسه، واطواره (من محاق إلى هلال.. إلى تربيع...) خلال الشهر الواحد، وحركته الواضحة على مسار الشمس الظاهري. ومن المعلوم أن القمر يتأخر كل ليلة عن موعد ظهوره في اليوم السابق بحوالي 51 دقيقة تقريباً، كما أن جزءاً من القمر دائماً يواجه سكان الارض بينما الجزء الآخر مختفي باستمرار.



صورة (4 - 19) للتمر موضح عليها الفوهات البركانية

وأهم الخصائص الطبيعية المعروفة لقمر الأرض ما يلي :

متوسط بعده عن الارض 60 مرة من نصف قطر الارض. والشذوذ في مركزية المدار 0.55 وميل مستوى مداره على الاكليتك '9°5 وفترة الدوران حول الارض 27.32 يوم (الدورة النجمية عكس عقارب الساعة) أما دورته الاقترانية فتساوي 29.53 يوم. وفترة الدوران حول محوره 27.32 (طول اليوم القمري) عكس عقارب الساعة، وميل دائرة استوائه على مستوى مداره °1.5، ومعدل سرعته المدارية حول الارض 1.029 كم / ث، ومعدل القطر الظاهري = "5.2 '31، ومعدل القطر الحقيقي 0.27 من قطر الارض، وكتلة القمر 0.01 من كتلة الارض. ومعدل الكثافة 3.34 غم / سم^3 (يدل على عدم وجود لب كثيف وعدم حدوث عملية ترسيب تفاضلي). وسرعة الهروب من الجاذبية 2.4 كم / ث ، أما درجة حرارته فتبلغ °10 K (الجانب الليلي) و °400 K (الجانب النهاري)، ومعامل بياضه 0.07.

المجال المغناطيسي

غير موجود، ربما بسبب عدم وجود لب مصهور، كما أن سرعة دورانه حول نفسه بطيئة.

الغلاف الجوي

لا يوجد غلاف غازي مطلقاً ولا يوجد غيوم أو رياح في سمائه وتبدو سمائه سوداء ولا يوجد ماء أو حياة نباتية أو حيوانية ولا توجد عوامل تعرية كما هو الحال على سطح الارض حيث حواف صخوره حادة.

التركيب الجيولوجي

يلاحظ المراقب لسطح القمر من خلال التلسكوب وجود مناطق مضيئة وهي الجبال العالية والمرتفعات حيث تعكس ضوء الشمس جيداً، وهناك مناطق تبدو لنا معتمة وهي تشكل الوديان والسهول الممتدة بين المرتفعات ويكون كمية الضوء المنعكس منها قليل نسبياً.

ويغطي سطحه الفوهات البركانية (Craters) وهي حفر مخروطية الشكل، قديمة التكوين نتيجة اصطدام النيازك بسطح القمر عندما كان طرياً في بداية تصلبه وتتراوح أقطار هذه الفوهات من 1 كم واصغر من ذلك إلى 100 كم تقريباً.

ويوجد غبار سمكه بضع انشات على سطح القمر وتحته طبقة تدعى ريجوليث (Regoligth) سمكها بضع اقدام من فتات واجزاء صخرية معدنية متماسكة بقوة ضعيفة، لها مظهر زجاجي وهناك الصخور النارية (بازلتية) التي نتجت عن اللافا التي بردت تدريجياً منذ اربعة ملايين عام مضت وهي رمادية من اصل بركاني وهناك نوع آخر من الصخور تدعى (بريشيا) (Breccia) وهي بيضاء اللون مكونة من الكربونات المعدنية، تكونت بالتحام اجزاء صغيرة من الصخور القديمة بعوامل الضغط الناتج عن تصادمات النيازك. ولقد تبين من التحليل الكيماوي لعينات صخرية وترابية من القمر النتائج التالية:

أ- أن نسب الوفرة لنظائر بعض العناصر الموجودة في القمر مشابهة لنسبها في صخور الأرض.

ب- ان نسب الوفرة لنظائر الأكسجين هي نفسها على الارض، على الرغم أن العلماء يتوقعون أن نسب نظائر الاكسجين يجب أن تتغير قليلاً من مكان لآخر خلال المجموعة الشمسية. وهذا يدل على أن القمر والارض قد تكونا من نفس المادة الاولية وفي نفس الموقع من المجموعة الشمسية.

جـ- أن نسب الوفرة لنظائر العناصر المتطايرة (مثل اليود) أقل منها على الارض. ربما لأنها هربت من جو القمر منذ زمن طويل.

د- كانت أعمار الصخور القمرية بطرق التأريخ النووية حوالي 3.7 بليون عام.

وأما تركيب طبقاته جيولوجياً فهي :

1- القشرة : ويتراوح سمكها من (50 - 100) كم، وتتميز بوجود صخور البريشيا والصخور البازلتية.

2- الوشاح : ويبلغ سمكها بحدود 1000 كم وتتميز إلى طبقتين هما :

أ- طبقة الليثوسفير : وهي غلاف صلب.

ب- طبقة الاستينوسفير : وهي غلاف شبه مصهور.

3- اللب : يبلغ سمكه حوالي 500 كم، وهو أقل كثافة من لب الأرض الداخلي ولا يوجد للقمر لب مصهور أبداً ومع ذلك فإن عملية الترسيب التفاضلي للمعادن قد حدثت على القمر في بداية تكوينه ولا يوجد أي نشاط تكتوني ملموس حالياً على سطح القمر.

اصل القمر

هناك عدة نظريات تبحث في كيفية نشوء القمر أهمها :

أ- نظرية الانشطار (Fission Theory) وتنص على أن القمر كان جزءاً من الارض ولكنه انشطر عنها، وترك مكانه فجوة كبيرة في المحيط الهادي.

ب- نظرية الاصطياد (Capturing Theory) وتنص على أن القمر تشكل في جزء ما من المجموعة الشمسية، واثناء حركته في الفضاء اقترب من الارض وامسكت به بفعل قوة الجذب المتبادلة وبقي يدور حول الارض حتى الآن.

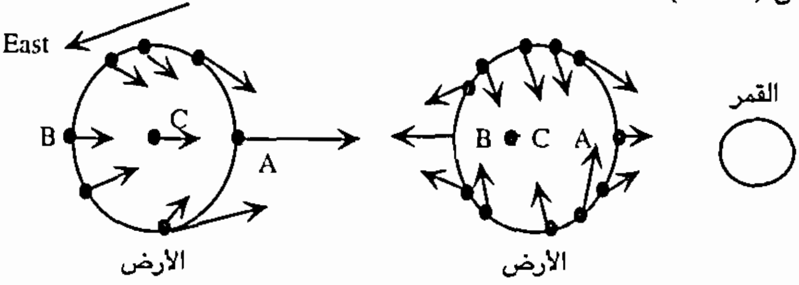
جـ- نظرية الخلق الطبيعي (Creational Theory) وتنص على أن كلاً من القمر والأرض تكونا في نفس مكانيهما الحاليين وما زال القمر يدور حول الأرض منذ أن وجد. وتتناقض نتائج سفينة ابولو القمرية مع النظريتين الأولى والثانية وتؤكد صحة النظرية الثالثة.

تطبيقات على تأثيرات الجاذبية بين القمر والأرض (قوى المد والجزر)

يعد القمر المسبب الرئيسي لحدوث المد والجزر في المحيطات والبحار والخلجان حيث تقل قوة جذب القمر للأجسام كلما ازداد بعدها عنه. ولو لم يكن القمر والشمس

موجودان، لكانت طبقة المياه التي تغطي 75% من سطح الكرة الأرضية قد كونت طبقة من الماء منتظمة السمك عند خط الاستواء.

ولكن لو قدر لك أن تعيش بجانب المناطق البحرية لوجدت أن منسوب المياه يرتفع وينخفض على التوالي مرتين في اليوم الواحد ولتفسير ذلك دعنا نتصور القمر على يمين الأرض الشكل (5 - 19).

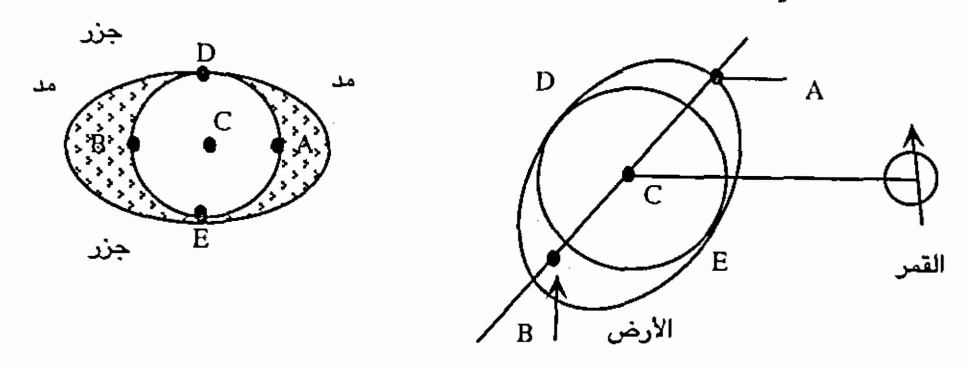


شكل (5 - 19) موقع القمر من الأرض.

فإن الأجزاء من الأرض القريبة من القمر (النقطة A) تتعرض لقوى جذب أكبر من غيرها (C) وهذه أكثر من النقطة (B).

ويمثل طول الأسهم مقدار قوة التجاذب لكل وحدة كتلة موضوعة عند تلك النقاط. ولهذا السبب تنجذب قمة المحيط عند (A) أكبر من قاع المحيط عند (A) فتكون إنبعاج للماء عند النقطة (A) المواجهة للقمر. وكذلك ينجذب قاع المحيط عند النقطة (B) أكثر من قمة المحيط عند (B) فيتكون إنبعاج آخر للماء عند النقطة (B) في الجانب المضاد للقمر مباشرة. أي يتكون مدان عند النقطتين B, A.

أما في المنطقة الوسطى بينهما فنلاحظ تكون جزر حيث تنساب مياه المحيط بتأثير قوى الجذب بإتجاه منطقتي المد عند (A, B) وينتج جزران عند النقطتين (E, B) الشكل (6 - 19).



شكل (6 - 19) ظهور مدان وجزران في ماء البحر

ولما كانت الأرض تدور حول نفسها مرة كل يوم وفي خلال هذه الفترة يكون القمر قد تحرك على مداره نحو الشرق (13°)، يتأخر حدوث المد والجزر حوالي (53) دقيقة عنه في اليوم السابق ولذلك يحدث مدان وجزران كل (24 ساعة و 53 دقيقة) ولذلك يتكرر حدوث المد والجزر كل 12.5 ساعة تقريباً.

والفرق بين مستوى الماء عند المد وعند الجزر تختلف باختلاف المكان فقد يصل ما بين 3 - 6 اقدام على شواطيء المحيطات.

ويلاحظ بأن إنبعاج الماء المصاحب للمد والجزر لا يكون على إستقامة الخط الواصل بين مركزي القمر والأرض بل يميل عليه أو يسبقه قليلاً بسبب دوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق وعكس عقارب الساعة بسرعة أكبر من سرعة دوران القمر حول الأرض لذلك فإن الأرض تسحب معها مياه المد نحو الشرق قليلاً (الشكل 6 - 19).

ويبلغ تأثير الشمس على المد والجزر على الأرض حوالي نصف تأثير القمر، على الرغم أن قوة الجاذبية بين الشمس والأرض أكبر منها ما بين القمر والأرض. إلا أنه لبعد الشمس الكبير، فإن قوة جذبها لا يتغير بدرجه ملموسه ما بين الجانب المقابل للأرض والجانب المضاد (أي بين نقطتين المسافة بينهما قطر الأرض 12756 كم).

حيث يبلغ بعد القمر عن الأرض = 384,000 (كم)، ويعد الشمس عن الأرض = 150,000,000 كم.

والآن دعنا نوضح حالات المد والجزر المختلفة حسب أوضاع القمر أثناء دورته حول الأرض :

1- فإذا كان القمر في طور المحاق أو البدر، ففي هذه الحالة فإن جذب الشمس والقمر يعملان معاً لتكوين ما يسمى بالمد العالي حيث يكون إرتفاع منسوب المياه أعلى ما يمكن (في مناطق المد) وأخفض ما يمكن في مناطق الجزر (الشكل 7 - 19).





شكل (7 - 19) المد العالي.

2- وعندما يكون القمر في طور التربيع الأول أو التربيع الأخير حيث يتعارض جذب الشمس والقمر لمياه المحيطات، فينتج المد المخفف والجزر المخفف (LOW TIDES) (الشكل 8 - 19).

ومن النتائج المترتبة على حدوث المد والجزر هو ضياع طاقة الأرض الحركية الدورانية على شكل حرارة متولدة بسبب الإحتكاك الناشيء ما بين حواف القارات اليابسة ومياه البحار والمحيطات حيث تقل طاقتها الدورانية / أي تقل سرعة دورانها حول نفسها، مما يؤدي إلى زيادة طول اليوم على الأرض تدريجياً، وأمكن قياسه بمعدل 0.002 ثانية لكل مئة عام.

وهناك تأثير آخر لقوى المد والجزر الأرضية على القمر وهو دوران القمر الأسري حول الأرض، حيث إنه يدور حول الأرض مرة واحدة في نفس الزمن الذي يدور فيه حول محوره الوهمي بحيث يرينا دائماً وجهاً واحداً، وذلك لأن دوران القمر حول نفسه يبطيء تدريجياً مع الزمن، ولما كان النظام الثنائي المكون من القمر والأرض له زخماً زاوياً ثابتاً (على اعتبار أن متوسط عزم الدوران TORQUE الخارجي المؤثر عليها صغير ومهمل). فإن الزخم الزاوي للأرض ينقص تدريجياً بسبب نقصان السرعة الزاوية لدوان الأرض حول نفسها.

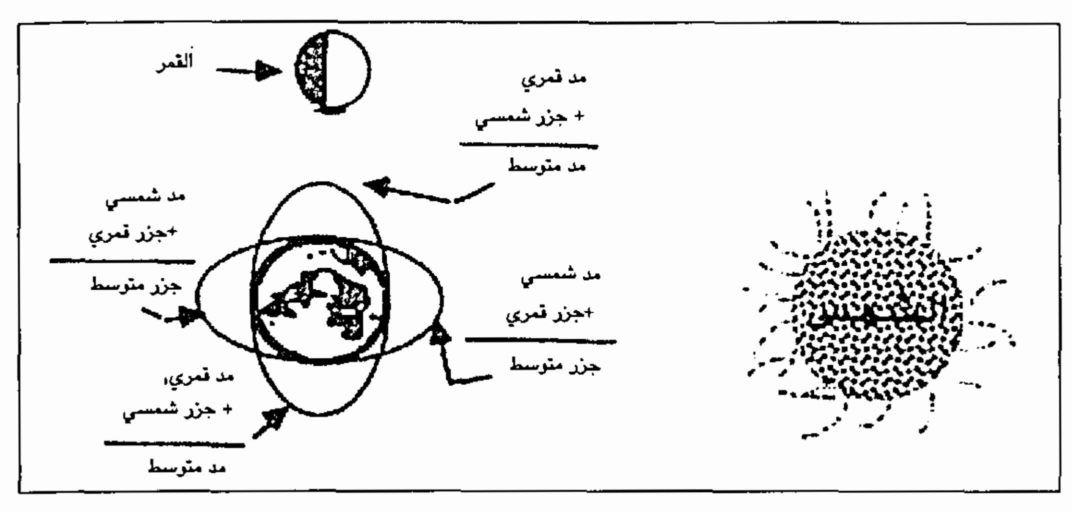
$$(L_E = I_E \varpi_E) \quad \text{الأرض}$$

ولذلك فإن الزخم الزاوي للقمر يجب أن يزداد حتى يبقى الزخم الكلي للنظام الثنائي ثابت. وعليه فإن :

$$(L_m = I_m \varpi_m)$$

ولما كانت (ϖm) السرعة الزاوية للقمر تقل تدريجياً، وعلى إعتبار أن القمر نقطة مادية فإن ممتد العطالة للقمر ($I_m = m\,r^2$)، حيث (m) كتلة القمر، و (r^2) مربع بعد القمر عن نقطة مركز الكتلة المشترك للنظام الثنائي. وبناءً عليه يستنتج أنه حتى يزداد الزخم الزاوي للقمر (Lm) فلا بد أن يزداد بعد القمر (r) تدريجياً وهذا معناه أن طول الشهر سيزداد تدريجياً مع الزمن أيضاً.

وأخيراً لا بد من القول أن الأرض كانت تدور أسرع مما هي عليه الآن وإن طول الشهر كان أقصر مما هو عليه الآن وإن القمر كان أقرب مما هو عليه الآن.



الشكل (8 - 19) المد المنخفض والجزر المنخفض.

المريخ The Planet Mars

يظهر كوكب المريخ في منتصف الليل تقريباً للمشاهد في المنطقة المحاذية لخط سير القمر (الاكليتك) على هيئة قرص أحمر ولا يظهر لنا على شكل هلال مطلقاً لأنه خارج مدار الأرض وترينا التلسكوبات سطح المريخ باللون الأحمر (الذي يعود لوجود غبار اكسيد الحديد المنتشر على سطحه)، وقد تظهر فيه مناطق ملونة باللون الرمادي أو الابيض (خاصة القطبية منها). ومعظم معلوماتنا عن المريخ مستمدة من الرحلات الفضائية التي قامت بها مارينر 4 ,6 ,7 منذ عام 1964 - 1975 حيث هبطت سفينة فايكنج على سطحه وجمعت عينات ترابية وصخرية منه لدراستها على الارض وإليك أهم خصائصه الطبيعية:



صورة (5 - 19) المريخ (المنطقة المتجمدة الجنوبية) كما التقطتها سفينة الفضاء. تظهر فيها الفوهات وثاني اكسيد الكربون المتجمد.

متوسط بعده عن ألشمس 1.5 وحدة فلكية، والشذوذ في مركزية المدار 0.09 (وهذه كبيرة بالنسبة للكواكب الأخرى ما عدا بلوتو). وميل مستوى مداره على الاكليتك °1.9، وفترة دورانه حول الشمس 687 يوم، (الدورة النجمية عكس عقارب الساعة ومن الغرب إلى الشرق) أما دورته الاقترانية فهي 780 يوماً (الدورة الاقترانية)، وفترة الدوران حول محوره $24^h\ 37^m\ 22.6^s$ عكس عقارب الساعة من الغرب إلى الشرق، وميل دائرة استوائه على مستوى مداره °25.2 (مشابه للأرض في تناوب الفصول الأربعة)، ومعدل سرعته المدارية حول الشمس 24 كم /ث، ومعدل القطر الظاهري يتراوح ما بين "3.6 - "24.5، ومعدل القطر الحقيقي 0.532 من قطر الأرض، وأما كتلته فهي 0.107 من كتلة الأرض، ومعدل الكثافة 3.96 غم / سم^3، وسرعة الهروب من الجاذبية 5 كم / ث، ودرجة حرارة سطح المريخ تتراوح ما بين K° 130 إلى K° 290 (بسبب وجود الفصول الأربعة)، ومعامل البياض 0.15، وعدد أقماره قمران هما فوبوس وديموس.

المجال المغناطيسي

غير موجود مما يدل على عدم وجود لب مصهور بداخله.

الغلاف الجوي

للمريخ غلاف جوي رقيق نسبياً، بسبب هروب غازاته لقلة جاذبيته، ويبلغ الضغط الجوي على سطحه حوالي 0.006 من الضغط الجوي عند سطح البحر على الارض. وهذا قليل جداً ويؤدي إلى تبخر الماء إن وجد على سطح المريخ على درجة حرارة قريبة من الصفر المئوي. وكذلك فإن الأشعة الفوق بنفسجية القادمة من الشمس تعمل على تفكيك جزيئات الماء إلى جزيء اكسجين وجزيء هيدروجين حيث يهرب الهيدروجين لخفته، بينما يبقى الاكسجين (الذي يعمل على اكسدة المواد الأخرى). ولهذا إذا وقف شخص على سطح المريخ غير مجهز بوسيلة تدفئة مناسبة، فإن الدم في جسمه سوف يتبخر، حيث يفقد الشخص حرارة جسمه تدريجياً إلى أن يتجمد. ولهذا اقتنع العلماء بعدم وجود حياة على سطح المريخ ودلت الدراسات على أن جو المريخ يتألف أساساً من :غاز ثاني اكسيد الكربون بنسبة 95%، وغاز النيتروجين بنسبة 2.7%، وغاز الارغون بنسبة 1.6% ويوجد غازات أخرى كالاكسجين وبخار الماء بنسبة أقل من 1%. وبالنسبة لوجود المياه فيعتقد العلماء أنه كان هناك كميات كبيرة من الماء بدليل وجود بعض القنوات المائية ولكن ربما تبخر للجو بسبب انخفاض الضغط الجوي على سطحه أو تسربه لاعماق سحيقة في باطن الكوكب. وبسبب ميلان محوره على مستوى مداره، تنتج ظاهرة الفصول الأربعة

بالتناوب المعروف على الأرض حيث تزداد مساحة المنطقة القطبية المتجمدة (الجليد أو ثاني أكسيد الكربون المتجمد) في فصل الشتاء في نصف الكرة الشمالي للمريخ وتتراجع مساحتها صيفاً إلى أن تختفي تماماً. ويرى في جوه أنواع مختلفة من السحب بصفة دورية من بينها سحب غبارية هائلة يميل لونها نحو الاصفرار تهب بسرعة تتراوح ما بين 35 إلى 50 كم / ساعة. وهناك سحب بيضاء ربما تتكون من بلورات ثلجية من الماء وغاز ثاني اكسيد الكربون.

تضاريس كوكب المريخ

تغطي السهول حوالي 40% من سطح الكوكب (كما ترى من المناطق الشمالية) وتنتشر مقذوفات الحمم البركانية (اللافا) على السطح والغنية باكسد الحديد، وقد تنتج من تفتت الصخور النارية بفعل الرياح وتوجد المناطق الجبلية والمرتفعات في المناطق الجنوبية حيث تكثر الندوب (الحفر البركانية) المنتشرة بغزارة والتي ربما تكونت نتيجة اصطدام نيازك بسطح المريخ.

تركيب المريخ الجيولوجي

يعتقد العلماء أن جيولوجية المريخ تشبه إلى حد ما جيولوجية كوكبي الزهرة والارض من حيث وجود طبقات القشرة والوشاح واللب مع بعض الاختلافات الواضحة. فمثلاً لم يجد العلماء أي نشاط تكتوني على سطح المريخ ولهذا استدل العلماء بأن قشرة كوكب المريخ ربما تكون أكثر سمكاً وصلابة من قشرة الارض.

هذا وأن وجود اكسيد الحديد، على سطحه (الناتج عن تحلل الصخور البازلتية (النارية) بعوامل عديدة وحمم البراكين يدل على أن هذا الكوكب لم يحدث عليه عمليات ترسب تفاضلية للمعادن ربما لأن القشرة لم تكن مصهورة بشكل كاف لتساعد على ترسيب المعادن الثقيلة في باطنه. ويعتقد العلماء أن لب المريخ لا يحتوي على قلب من الحديد والنيكل ذو الكثافة العالية كما هو الحال في كوكبي الارض والزهرة. ولا يوجد عند المريخ طبقة لب مصهور.

اقمار المريخ

اكتشفت أقماره منذ عام 1877م باستخدام التلسكوبات حيث يرى القمر الابعد (ديموس) بسهولة بسبب قوة انعكاس ضوء الشمس على المريخ بينما يصعب رؤية القمر الأقرب (فوبوس) في أغلب الأحيان ولربما تكونت في حزام الكويكبات ثم اصطادها المريخ. وفيما يلي خواصهما الطبيعية :

1- فوبوس (Phobos) :

وهو الاقرب للمريخ، ويدور حول المريخ بنفس النظام الذي يدور به القمر حول الارض. وتبلغ فترة دورانه حول المريخ (7^h 39^m) ولذلك يواجه المريخ دائماً بوجه واحد وشكلة غير منتظم، إذ يبلغ طوله 28 كم وعرضه. 20 كم. ويحتوي على فوهات بركانية كبيرة (قطرها من 100م – 200 م وعمقها من 10م – 20 م) وكتلته صغيرة جداً (أقل من 0.01 من كتلة المريخ) ولا يوجد أي نشاط تكتوني عليه حالياً.

2- ديموس (Deimos) :

هو القمر الخارجي للمريخ ويدور حول المريخ بحيث يظهر دائماً بوجه واحد (حركة الدوران الأسري) وتبلغ فترة دورانه حول المريخ (30^h 18^m)، وشكله غير منتظم (إذ يبلغ طوله 16 كم وعرضه 10 كم)، لا يحتوي على فوهات بركانية كبيرة. وكتلته صغيرة جداً، ولا يحتوي على أي نشاط بركاني حالياً. وكلا القمرين اصغر من كتلة قمر الارض.

كوكب المشتري The PlanetJupiter

يشكل كوكب المشتري مع زحل واورانوس ونبتون مجموعة الكواكب العملاقة والتي تتميز بحجمها الكبير، وكتلتها الكبيرة، وكثافتها القليلة ومن الارض يبدو المشتري للمشاهد بالعين المجردة، كقرص أصفر لامع يتحرك ببطء في منطقة البروج. فهو يأتي في الدرجة الثانية بعد الزهرة من حيث لمعانه ويمكن مشاهدته كل ليلة لمدة ستة شهور تقريباً في السنة. وأما المشاهدة بالتلسكوبات فيظهر عليه خطوط مضيئة يتدرج لونها من الأصفر الباهت إلى الاحمر القاني أما في أقصى الشمال والجنوب فتحيط به احزمة مظلمة نسبياً تتدرج من البني إلى الأزرق المعتم.


صورة (6 - 19) كوكب المشتري كما التقطتها سفينة الفضاء بيونير 10

ولقد اطلقت نحوه سفن فضائية عديدة أهمها بيونير – 10 عام 1972م وبيونير – 11 عام 1979، عرف عنه الكثير من المعلومات الضرورية للفلكيين. وفيما يلي أهم الخصائص الطبيعية لكوكب المشتري :

متوسط بعده عن الشمس 5.2 وحدة فلكية، والشذوذ في مركزية المدار 0.048 وميل مستوى مداره على الاكليتك "18 '10 °1، وفترة الدوران حول الشمس 11.86 سنة (الدورة النجمية) وأما دورته الاقترانية فهي 398.9 يوم. وفترة الدوران حول المحور 9^h 54^m (عكس عقارب الساعة من الغرب إلى الشرق)، وميل دائرة استوائه على مستوى مداره '7 °3 (محوره يميل على مستوى مداره بضع درجات)، ومعدل سرعته المدارية حول الشمس 13 كم / ث، والقطر الظاهري (الزاوي) "48.86، والقطر الحقيقي 10.79 من قطر الارض، وتبلغ كتلته 318 من كتلة الارض، ومعدل الكثافة 1.3 غم / $سم^3$ (ربما يكون معظمه سائل)، وسرعة الهروب من الجاذبية 60 كم / ث (لا بد من وجود غلاف جوي سميك)، ودرجة الحرارة تبلغ °130 K (للطبقات العليا من الغيوم)، ومعامل البياض 0.51، عدد أقماره 14 قمراً.

المجال المغناطيسي

يوجد مجال مغناطيسي لكوكب المشتري، تعادل شدته 10 مرات من شدة المجال المغناطيسي للارض ويميل محوره المغناطيسي على محوره الدوراني (الوهمي) بزاوية تبلغ °11، ويعتبر كوكب المشتري مصدر مهم للاشعاعات الراديوية المختلفة، ويبعث طاقة حرارية اكثر من ضعف ما يستقبله من الشمس.

الغلاف الجوي

تدل الدراسات الطيفية التي أخذت للمشتري بواسطة المجسات الفضائية التي اقتربت منه على أن غلافه الجوي يتكون من المركبات التالية :

الهيدروجين H_2 بنسبة 82%، والهيليوم He بنسبة 17%، والأمونيا NH_3 والميثان CH_4 بنسبة 1%.

وتظهر الصور الفوتوغرافية التي التقطت لجو المشتري أنه يتركب من احزمة (خطوط سوداء) في طبقات الجو العليا حيث الضغط الجوي منخفض، وتتحرك فيها الغازات إلى داخل الكوكب. وهناك المناطق المضيئة وهي عبارة عن مناطق ذات ضغط جوي مرتفع تتحرك فيها الغازات من داخل الكوكب إلى خارجه. ويعتمد لونها على درجة تركيز الغازات المختلفة حسب الضغط ودرجة الحرارة حيث توجد الامونيا على شكل بلورات صلبة تشكل الاحزمة الملونة. وبسبب دوران الكوكب السريع حول نفسه يعمل على ظهور هذه الاحزمة والشرائط المختلفة الالوان. وهناك منطقة مميزة في جوه تدعى البقعة الحمراء الكبرى

The Great Red Spot وهي في نصف الكرة الشمالي للكوكب بيضاوية الشكل ولا تغير وضعها بل تدور مع الكوكب ولونها يتأرجح ما بين الوردي (pink) والبرتقالي (orange) ويبلغ طولها حوالي 48 الف كم وعرضها 24 ألف كم.

ويعتقد العلماء أنها نظام من العواصف الشديدة في جو المشتري، وما زال العلماء غير متأكدين من طبيعتها.

التركيب الجيولوجي

يعتقد العلماء أن المشتري يتكون من المناطق التالية :

أ- القشرة : وهي غلاف من مادة الهيدروجين السائلة تحيط بسطح الكوكب ويبلغ سمكها حوالي 33% من نصف قطره، حيث يصل الضغط على هذا العمق حوالي 3 مليون ضغط جوي عادي وترتفع درجة الحرارة مع العمق إلى أن تصل 10 آلاف درجة مطلقة.

ب- الوشاح : ويعتقد العلماء أنها تتكون من معدن الهيدروجين حيث بسبب الضغط الشديد تقترب جزئيات الهيدروجين من بعضها لتشكل حالة من المادة شبه الصلبة.

جـ- اللب : ويعتقد العلماء بأنه صخري صلب يحتوي على معظم المعادن الثقيلة (ويؤكد حدوث عملية الترسيب التفاضلي للمعادن) وتصل درجة حرارة اللب إلى 30 ألف درجة مطلقة وضغط حوالي 32 مليون ضغط جوي عادي. وأما كتلة اللب فتقدر بحوالي 20 مرة من كتلة الارض محصورة في حجم يعادل 0.5% من حجم كوكب المشتري كله. وبناءً على ذلك يبدو أن حركة الايونات المشحونة في طبقة الهيدروجين السائلة هي السبب المباشر لوجود مجال مغناطيسي قوي للمشتري.

اقمار المشتري

يوجد حوالي 14 قمراً تدور حول المشتري، وتدعى الأقمار الاربعة القريبة من المشتري باقمار غاليليو الذي كان أول من اكتشفها عام 1610م. واطلق عليها الاسماء آيو (Io) وأوروبا (Europa) وجانميد (Ganymede) وكاليستو (Callisto) وهناك القمر الخامس أماليثيا (Amalthea) الذي اكتشف عام 1892 وأما القمر الرابع عشر J-14 فلقد اكتشف عام 1975م. وتتميز هذه الاقمار إلى ثلاث مجموعات :

أ- الاقمار الداخلية : وتشمل اقرب خمسة اقمار للمشتري ومنها اقمار غاليليو حيث تدور في مدارات شبه دائرية وبفترات دورانية تتراوح ما بين 1 يوم إلى 16 يوم وهي تتبع في حركتها نظام الدوران الأسري لقمر الأرض. ولذلك تظهر بوجه واحد للمشاهد

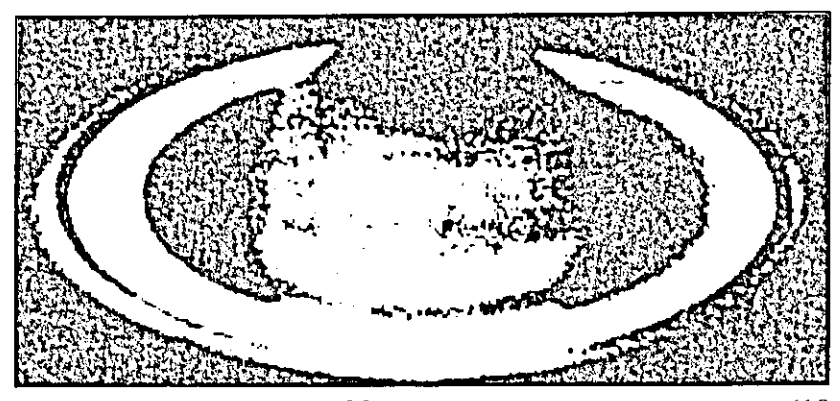
على المشتري دائماً. وأقمار غاليليو أكبر حجماً من قمر الارض ولذلك قد ترى بالعين المجردة أو بالتلسكوب. ويعد اماليثيا أقربها للمشتري ثم آيو ثم أوروبا ثم جانميد ثم كاليستو. وتقل كثافة هذه الاقمار تدريجياً مع زيادة بعدها عن المشتري. ويغطي سطوحها الثلوج والحفر المخروطية (Craters) والبراكين الكبريتية النشطة، وبسبب قوى المد والجزر بين المشتري وأقماره يظهر نشاط بركاني عليها نتيجة الاحتكاك الداخلي في طبقاتها. ويقل هذا النشاط التكتوني تدريجياً كلما ابتعدنا عن المشتري. وتصبح سطوحها أقل تغيراً مع الزمن.

ب- الاقمار الوسطى : وتشمل القمر السادس إلى التاسع ($J_6 \rightarrow J_9$) ومعظمها صغيرة الحجم، يبلغ قطرها حوالي 100 كم، وتدور حول المشتري بفترة زمنية تبلغ في المعدل حوالي 270 يوم.

جـ- الاقمار الخارجية : وتشمل القمر العاشر إلى القمر الرابع عشر وتتميز بأنها تدور في مدارات اهليلجية ذات شذوذية مركزية كبيرة، وتميل مستويات مداراتها على الاكليتك بحوالي 3° إلى 9° تقريباً. حيث يعتقد العلماء أن أصل تكوينها يختلف عن تكوين الاقمار الداخلية. وربما تكون من الكويكبات التي تسبح في الفضاء حيث اقتربت من المشتري فجذبها نحوه لتدور في مدارات ثابتة حوله. وتدور حول محورها مع عقارب الساعة على عكس بقية الأقمار والكواكب الأخرى.

كوكب زحل The Planet Saturn

يعد كوكب زحل آخر الكواكب السيارة المعروفة منذ القدم ومن أجمل الكواكب منذ ان اخترع التلسكوب على يد غاليليو عام 1610م، حيث تحيط به هالة من الحلقات الذهبية اللون، واذا نظرنا إليه بالعين المجردة فإنه لا يزيد عن كونه مجرد نقطة صفراء خافتة غير مميزة. وهو أحد الكواكب العملاقة بعد المشتري، ويمكن رؤيته دائماً في الليل بعد العاشرة مساءً في المنطقة المحاذية لمسار القمر. واستخلص العلماء معلومات كثيرة عن طريق المجسات بيونير 11 الذي اقترب من الكوكب في ايلول 1979م والتقط له صوراً. وكما وصل إليه المجس فوياجر 1، وكما وصل إليه المجس فوياجر 2 عام 1981م وإليك أهم خصائصه الطبيعية :



صورة (7 - 19) لزحل كما التقطها تلسكوب عاكس قطره 100 انش على جبل ولسن يظهر فيها نظام الأحزمة والحلقات.

متوسط بعده عن الشمس 10 وحدات فلكية، والشذوذ في مركزية المدار 0.0557، وميل مستوى مداره على الاكليتك "22.6 "29 °2، وفترة الدوران حول الشمس 29.46 سنة (الدورة النجمية عكس عقارب الساعة) وأما دورته الاقترانية فهي 378 يوم، وفترة الدوران حول المحور $10^h\ 14^m\ 24^s$ (عكس عقارب الساعة)، ميل دائرة استرائه على مستوى مداره "45 °26 (ميلان المحور على مستوى مداره ينتج عنه الفصول الاربعة)، ومعدل سرعته المدارية حول الشمس 9.65 كم / ث. والقطر الظاهري (الزاوي) "19.27 والقطر الحقيقي له 8.9 مرة من قطر الأرض، وتبلغ كتلته 95 مرة من كتلة الأرض، ومعدل الكثافة 0.68 غم / $سم^3$، وسرعة الهروب من الجاذبية 36 كم / ث، ودرجة الحرارة 95 K° للطبقات العليا من الغيوم. ومعامل البياض 0.580، عدد أقماره 17 قمراً.

المجال المغناطيسي

تمكنت المجسات الفضائية المختلفة التي اقتربت من الكوكب من قياس شدة المجال المغناطيسي فوجدته اقوى من شدته على الارض. كما أن محوره المغناطيسي ينطبق على محوره الدوراني (عكس الارض والمشتري) ولذلك استنتج العلماء وجود منطقة منيتوسفير حول الكوكب، وأحزمة تشبه احزمة فان ألن حول الدائرة الاستوائية تتجمع بها الدقائق المادية المشحونة (كالالكترونات البروتونات وغيرها).

الغلاف الجوي

يتميز كوكب زحل بوجود غلاف جوي ثقيل، ومناطق متلألئة ونطاقات من الغيوم وأما تكوينه الكيميائي فهو يتركب من غاز الميثان CH_4، وغاز الهيدروجين H_2، وأما الامونيا

NH_3 فهي غير موجودة في الجو ويحتمل أنها تكاثفت على شكل بلورات ثلجية صلبة في احزمة الغيوم المختلفة بسبب برودة زحل الكبيرة ولقد وجد أن غاز الايثان C_2H_6 قد تكون في جوه. هذا وبسبب ميل محوره على مستوى مداره، يظهر اختلاف في تسخين اشعة الشمس لسطح زحل حيث يؤدي إلى وجود الفصول الأربعة المتناوبة، ونشوء الرياح السريعة جداً، التي تساعد على ظهور الاحزمة الملونة مع صعود وهبوط التيارات الهوائية.

يوجد لزحل سبع حلقات مرتبة من الابعد للاقرب إلى الكوكب ويرمز لها بالرموز A, B, C, D, E, F, G حيث الثلاث البعيدة منها لامعة مرئية من الأرض (A, B, C) والبقية معتمة.

أما طبيعة هذه الحلقات فهي تتكون من رمال واتربة وشظايا مغلفة بطبقة جليدية صغيرة الحجم يتراوح اقطارها ما بين بضعة سنتمترات (الحلقات الخارجية) إلى بضعة امتار (الحلقات الداخلية) تتوزع في شكل طبقي رقيق مميز. وتدور هذه الجسيمات في مدارات اهليليجية حيث يكون لكل منها سرعته الخاصة، ومداره الخاص. ويعتقد العلماء أن تكون هذه الحلقات ربما نتج عن بقايا أحد الاقمار التي كانت تابعة لزحل والذي تواجد قريباً من زحل (نهاية روجيه (Roche's Limits) حيث أصبحت المسافة بين القمر ومركز الكوكب أقل من (2.44) مرة من نصف قطر الكوكب، وعندها ينشطر هذا القمر إلى فتات متناثرة بفعل قوى المد والجزر بينهما. وربما كانت هذه الجسيمات بقايا من الغيمة السديمية الأولى التي تشكلت منها المجموعة الشمسية، ولم تتمكن هذه المادة الغازية من التكاثف لتكوين قمر بفعل قوى المد والجزر أيضاً داخل نهاية روجيه ويقدر العلماء كتلة هذه الحلقات بحوالي واحد بالمليون من كتلة قمر الارض. وتقع جميع هذه الحلقات بموازاة الدائرة الاستوائية للكوكب والتي تميل بزاوية حوالي 27° على الاكليتك، ولذلك يمكن للمشاهد على الأرض رؤيتها باتجاهات مختلفة طوال العام. وتختلف لذلك طريقة عكسها لضوء الشمس فمنها ما يعكسه للخلف وترى لامعة ومنها ما يعكسه للأمام فتظهر معتمة. وتعكس حلقات زحل 60% من أشعة الشمس الساقطة عليها.

التركيب الجيولوجي

1- القشرة : وتتكون من غلاف سميك من مادتي الهيدروجين والهيليوم السائلة.

2- الوشاح : وتتكون من غلاف شبه صلب ويعتقد بأنه مكون من طبقة من الهيدروجين المعدني حيث تقاربت جزيئات الهيدروجين من بعضها بفعل الضغط الشديد الواقع عليها.

3- اللب : ويعتقد بأنه مكون من غلاف صخري صلب، كما في المشتري، وربما يكون في معظمه من المعادن الثقيلة كالحديد وغيره.

اقمار زحل

لزحل 17 قمراً، معظمها صغير الحجم ولا ترى من الارض مباشرة. واكبر اقماره تيتان Titan حيث يتميز بالخواص التالية :

أ- له غلاف جوي سميك، بسبب جاذبيته الكبيرة، وبرودته، يتكون من غاز الميثان CH_4 وقد يتواجد على شكل سائل أو صلب على سطحه، ويوجد غاز النيتروجين N_2 وربما كان مصدره بركاني.

ب- يبلغ سمك غلافه حوالي 5 أضعاف ارتفاع الغلاف الجوي الارضي وأما ضغطه الجوي فيبلغ حوالي 1.5 ضغط جوي ارضي.

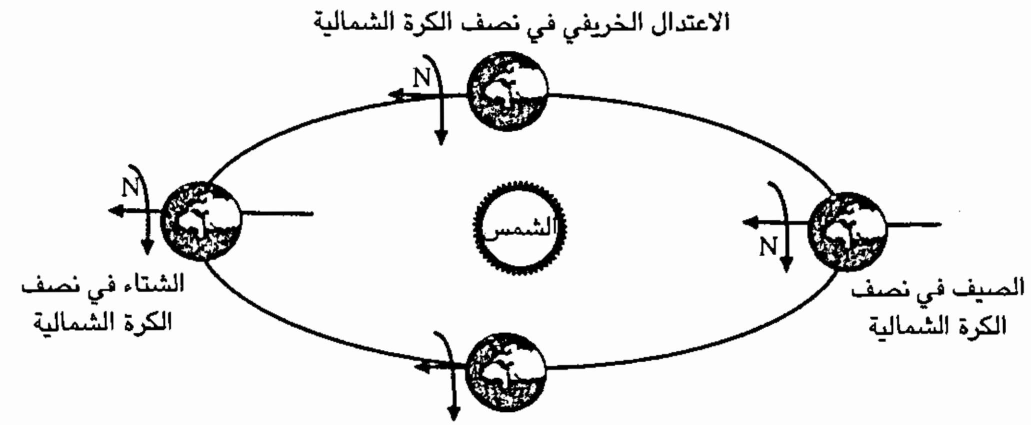
جـ- تبلغ درجة حرارته 90° K.

د- تبلغ كثافة القمر تيتان حوالي 2 غم / سم^3 أي أن نصفه صخري ونصفه جليدي.

كوكب اورانوس The Planet URANUS

يعد أورانوس من الكواكب الغازية العملاقة، ولقد اكتشف لأول مرة على يد العالم وليم هرشل (William Herschel) عام 1781م حيث ظهر له كقرص اخضر مزرق، ويمكن رؤيته بالعين المجردة بصعوبة حتى مع توفر ظروف الرؤيا المناسبة نظراً لبعده الشاسع عن الشمس. ويدور حول نفسه مع عقارب الساعة ويظهر أنه يميل كثيراً على جانبه، وكأنه يتدحرج في مداره حول الشمس بينما تدور توابعه حوله.

ولقد لوحظ شذوذ في حركته، مما جعل العلماء يفترضون وجود كوكب ثقيل جداً يؤثر عليه، وفعلاً تم اكتشاف كوكب نبتون عام 1846 ولقد مر المجس فوياجر - 2 بالقرب من كوكب اورانوس في عام 1986م حيث يصادف وجود الكواكب جميعها على امتداد خط واحد تقريباً بالنسبة للشمس والتي تحدث مرة كل 177 عام.



شكل (9 - 19) حركة كوكب اورانوس حول الشمس.

وإليك أهم الخصائص الطبيعية المعروفة :

متوسط بعده عن الشمس 19.22 وحدة فلكية، والشذوذ في مركزية المدار 0.0472، وميل مستوى مداره على الاكليتك "23.1 '46 0° (أي أقل من درجة واحدة)، وفترة الدوران حول الشمس 84.01 سنة (الدورة النجمية) عكس عقارب الساعة مثل بقية الكواكب. وأما دورته الاقترانية فهي 369.66 يوم، وفترة الدوران حول المحور $17^{h}\ 14^{m}$ (مع عقارب الساعة) عكس بقية الكواكب، وميل دائرة استوائه على مستوى مداره 53 97° (أي أن محوره يميل ثماني درجات تحت مستوى مداره)، ومعدل سرعته المدارية حول الشمس 6.7 كم / ث، ومعدل القطر الظاهري (الزاوي) "3.58 (ثانية قوسية) ومعدل القطر الحقيقي له 4 مرات من قطر الارض، وتبلغ كتلته 14.6 مرة من كتلة الارض، ومعدل الكثافة 1.2 غم / سم^{3}، وسرعة الهروب من الجاذبية 21 كم / ث، ودرجة الحرارة السطحية حوالي $52\ K^{\circ}$ ومعامل البياض 0.34 وعدد أقماره 5 أقمار.

المجال المغناطيسي

دلت البيانات التي أرسلها فوياجر - 2 أن لأورانوس مجالاً مغناطيسياً تبلغ شدته شدة المجال المغناطيسي الارضي. وأن زاوية انحراف المحور المغناطيسي له كبيرة تبلغ 55° مع محوره الدوراني، ولا يمر المحور المغناطيسي بمركز الكوكب بل يبتعد عنه بضعة الآف من الكيلومترات.

الغلاف الجوي

تدل الدراسات الطيفية على وجود غازات الهيدروجين بنسبة كبيره ثم يليه الهيليوم ثم الميثان ولا توجد الامونيا على شكل غاز، بل ربما تكون قد ترسبت على شكل بلورات ثلجية كما حدث في زحل.

التركيب الجيولوجي لاورانوس

تدل البيانات التي حصل عليها العلماء أن تركيبه يشبه تركيب كلاً من زحل والمشتري ما عدا عدم وجود طبقة من الهيدروجين المعدني داخل اورانوس وذلك لعدم توفر الضغط الكافي لذلك، ويعتقد العلماء أنه يتكون من :

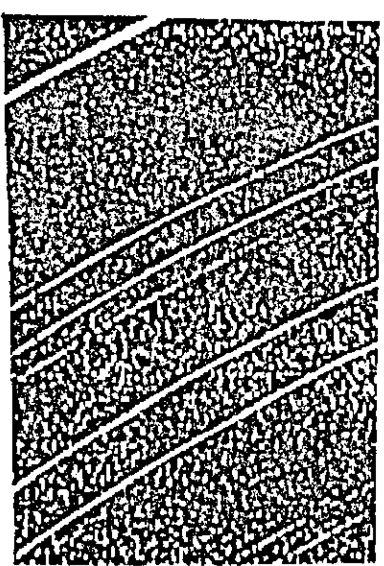
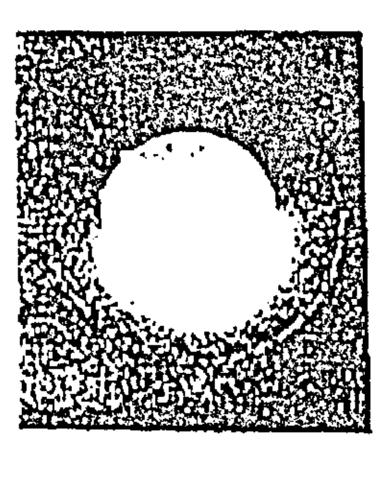
أ- القشرة : وهي غلاف من الهيدروجين والهيليوم السائل.

ب- الوشاح : وهي غلاف صلب يتكون من الجليد المتجمد.

جـ- اللب : وهو غلاف صخري يحتوي على معظم العناصر المعدنية الثقيلة.

اقمار أورانوس

يظهر في سماء كوكب اورانوس خمسة اقمار وهي : أوبرون (Oberon) وتيتانيا (Ti-tania) وهما اكثر توابعه، وكان السير وليم هرشل قد اكتشفهما عام 1787م وهناك القمر ميراندا (Miranda) الذي اكتشف عام 1948م وهو اقربها وهنا (أرييل (Ariel) وأمبريل (Umbriel). وجميع هذه الاقمار تدور في مستوى موازي لدائرة أورانوس الاستوائية مع عقارب الساعة. وتتراوح اقطار هذه الاقمار ما بين 600 كم إلى 1600 كم. ولا يعرف كتلة وكثافة هذه الاقمار بعد.

صورة (8 - 19) لكوكب أورانوس موضحاً عليه الحلقات.

حلقات اورانوس

تم في عام 1977م اكتشاف خمسة حلقات معتمة تحيط بكوكب اورانوس وتقع جميعها داخل مدار القمر ميراندا وتتكون من جسيمات مادية (ترابية، رملية، مغلفة بطبقة من الجليد) تقوم بعكس ضوء الشمس إلينا على الارض حتى تتمكن من رؤيتها بالتلسكوب وتعد هذه الحلقات اكثر رقة وأقل كتلة من حلقات زحل. ولذلك لا تعكس إلا 2% من اشعة الشمس التي تسقط عليها.

كوكب نبتون The Planet Neptune

لقد تم التنبؤ بوجود كوكب نبتون قبل رصده فعلاً في السماء، حيث لاحظ العلماء انحرافاً غريباً في مدار كوكب اورانوس. خاصة العالم هرشل الذي حسب مدار كوكب اورانوس باستخدام قوانين نيوتن في الجاذبية والحركة وعندما قارنه بمواقعه المرصودة لفترة تزيد على 90 سنة والمدونة في الخرائط النجمية التي عملها الآخرون في القرنين السادس عشر والسابع عشر وجد اختلافاً بسيطاً بحوالي 2 دقيقة قوسية. عندها اقترح احد العلماء أنه يمكن تفسير ذلك بافتراض وجود كوكب مجهول يؤثر عليه، حيث حددوا مكانه على وجه التقريب وفعلاً تم رصد الكوكب الجديد نبتون عام 1846م. ويظهر كوكب نبتون تلسكوبياً فقط على شكل قرص صغير ذو لون أخضر باهت، وإليك أهم خصائصه الطبيعية المعروفة حتى الآن.

الخصائص الطبيعية لكوكب نبتون

متوسط بعده عن الشمس 30 وحدة فلكية. والشذوذ في مركزية المدار 0.0086. ميل مستوى مداره على الاكليتك $1° 46' 23.5''$ (أي أقل من درجتين)، فترة الدوران حول الشمس 164.8 سنة (الدورة النجمية) وأما دورته الاقترانية فهي 367.49 يوماً، وفترة الدوران حول محورخ $18^h 12^m$، وميل درائرة استوائه على مستوى مداره $28° 48'$، ومعدل سرعته المدارية حول الشمس 5.5 كم / ث، ومعدل القطر الظاهري (الزاوي) $2.13''$ (ثانية قوسية)، ومعدل قطره الحقيقي 3.8 مرة من قطر الارض، وتبلغ كتلته 17 مرة من كتلة الارض، معدل الكثافة 1.58 غم / سم^3، وسرعة الهروب من الجاذبية 24 كم / ث، وتبلغ درجة حرارته السطحية 50 K° ، ومعامل البياض .٢٩٥ وله قمران.

المجال المغناطيسي

يتوقع العلماء وجود مجال مغناطيسي لكوكب نبتون حيث يحتمل وجود كميات ضخمة من الهيدروجين أو الهيليوم السائل الذي يعمل على نقل الشحنات الكهربائية الايونية في باطن الكوكب أثناء دوران الكوكب حول نفسه، مما ينشأ عنه مجال مغناطيسي.

الغلاف الجوي

تبين للعلماء أن غلافه الجوي يحتوي على غازات الهيدروجين بنسبة كبيرة ثم يليه الهيليوم ثم الميثان، وهو السبب في اعطائه لوناً أخضر حيث يمتص اللون الاحمر ويعكس بقية الالوان، وأما الامونيا فقد ترسبت على سطح الكوكب بفعل البرودة الشديدة. ولا يوجد فيه اضطرابات موجية أو أعاصير على سطحه.

التركيب الجيولوجي

من المحتمل أن يكون تركيبه مشابهاً لتركيب أورانوس باستثناء احتواء نبتون على لب اكبر حجماً وكتلة. لأن كثافته العامة أكبر من كثافة اورانوس.

اقمار نبتون

يدو حول نبتون قمران عجيبان هما :

أ- ترايتون Triton : اكتشف عام 1846م وهو أكبر حجماً من كوكب عطارد ويعادل حجم المريخ وله غلاف جوي سميك يحتوي على غاز الميثان، ويبلغ قطره حوالي 7200 كم ويدور حول نبتون مع عقارب الساعة (حركة تقهقرية) بالنسبة لنبتون. ويكمل دورته حول نبتون خلال 6 أيام. ويميل مستوى مداره على الاكلبتك بحوالي °20 ومداره دائري وهو الأقرب إلى كوكب نبتون.

ب- نيريد Neried : اكتشف عام 1949م، وهو أصغر حجماً من ترايتون، ويبلغ قطره حوالي 600 كم، ومداره اهليلجي ذو شذوذية مركزية كبيرة، ويدور حول نبتون عكس عقارب الساعة مثل بقية الكواكب، ويميل مستوى مداره على الاكبتك بزاوية °28 ويكمل دورة واحدة حول نبتون خلال سنة واحدة.

كوكب بلوتو The Planet Pluto

اكتشف كوكب بلوتو عام 1930م بعد بحث استمر اكثر من عشرين عاماً في مكان ما في مجرة درب التبانة حيث تزدحم النجوم، حيث وجد العلماء أنه يوجد اضطراباً في مدار نبتون، وأن نبتون لا يفسر وجود اضطرابات في مدار اورانوس بدأ الفلكيون البحث عن كوكب جديد، فاكتشفوا بلوتو (الصغير الحجم والكثافة) وفيما يلي أهم خصائصه الطبيعية:

متوسط بعده عن الشمس 39.44 وحدة فلكية. والشذوذ في مركزية المدار 0.25، وميل مستوى مداره على الاكليتك '1 °17، وفترة الدوران حول الشمس 248.4 سنة (الدورة النجمية) وأما دورته الاقترانية فهي 367 يوماً، وفترة الدوران حول المحور 6.39 يوم. وميل

دائرة استوائه على مستوى مداره 65°، ومعدل سرعته المدارية حول الشمس 4.6 كم / ث. ومعدل القطر الظاهري (الزاوي) "0.25 ومعدل قطره الحقيقي يتراوح ما بين 0.2 إلى 0.5 من قطر الأرض، وتبلغ كتلته 0.002 مرة من كتلة الارض، ويبلغ معدل كثافته ما بين 1.1 غم / سم^3، وسرعة الهروب من الجاذبية 1 كم / ث، وتبلغ درجة حرارته السطحية 40 K°، ومعامل البياض 0.40 وله قمر واحد.

المجال المغناطيسي

المجال المغناطيسي ما زال غير معروفاً حتى الآن، ومن المتوقع أن لا يكون موجوداً بسبب صغر كتلة الكوكب.

الغلاف الجوي

يعتقد أن غلافه الجوي رقيق جداً، بدليل امكانية هروب الغازات الخفيفة من سطحه وكذلك قلة الاشعة التي يعكسها فهو يبدو لنا على شكل نقطة مضيئة في سماء حالكة السواد. وقد يحتوي على غاز الميثان والامونيا إما في حالة السيولة أو التجمد على سطحه نتيجة البرودة الشديدة جداً ويعتقد العلماء أنه يحتوي على غاز الآرغون أو النيون الخاملين كيميائياً.

التركيب الجيولوجي

يتوقع العلماء أن يتكون كوكب بلوتو من الطبقات التالية :

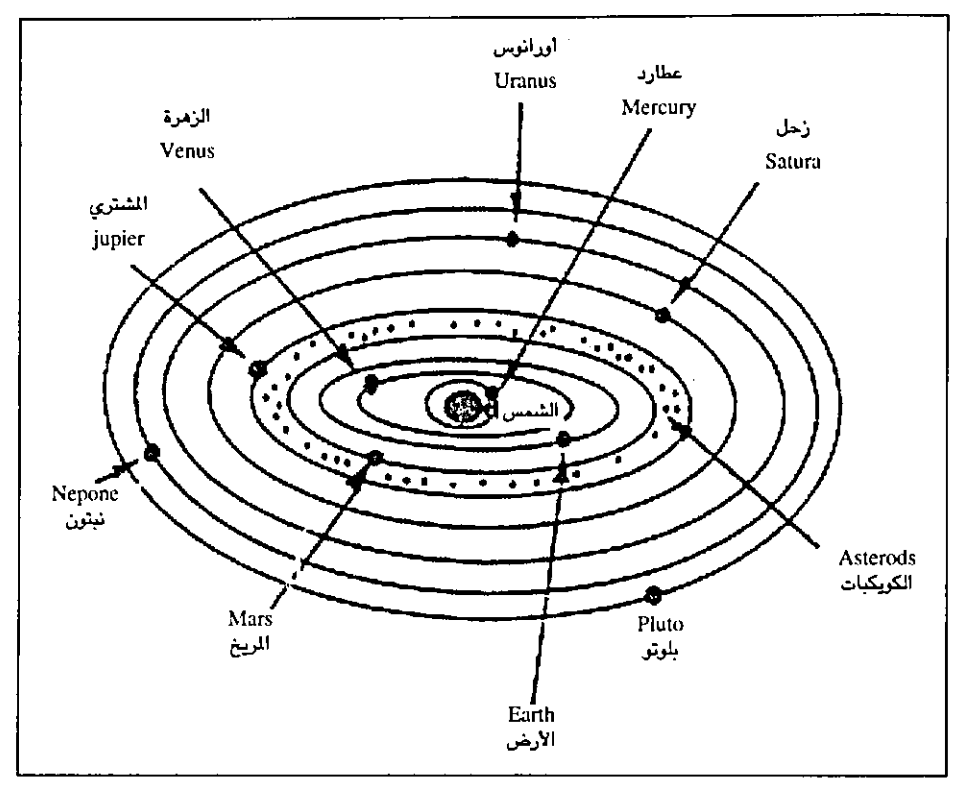
أ- القشرة : وتتألف من جليد الميثان المطعم بالصخور حيث ينتشر على سطحه العديد من الفوهات وبعض الجبال الصغيرة.

ب- الوشاح : وتتألف من جليد الماء حيث تشكل هذه الطبقة معظم كتلة الكوكب.

جـ- اللب : وهو غلاف صخري ذي كثافة عالية.

اقماره

اكتشف العلماء قمراً واحداً لبلوتو يدعى جارون (Charon) ويبلغ قطره حوالي 1200 كم، وتبلغ كتلته حوالي 10% من كتلة بلوتو تقريباً. ويكمل القمر جارون دورة واحدة حول بلوتو مع عقارب الساعة كل 6.39 يوماً. وهي نفس الزمن الذي يحتاجه ليكمل دورة حول نفسه، ولهذا يظهر القمر ثابتاً دائماً في أفق بلوتو بوجه واحد ويميل مستوى مدار القمر جارون على مستوى مدار بلوتو بزاوية مقدارها 65°.



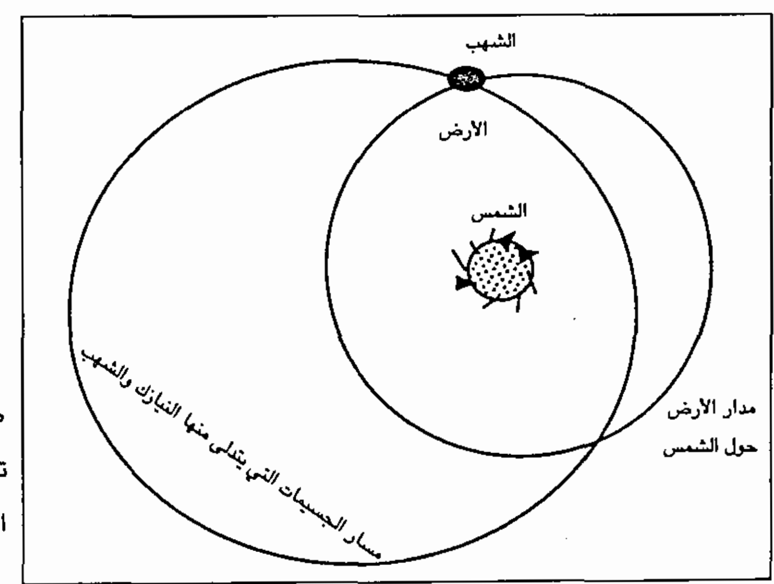
صورة (9 - 19) توضح موقع الكويكبات في النظام الشمسي.

ولقد لاحظ العلماء أن النظام الشمسي بعد المريخ يبدو وكأنه يختفي تماماً. ولذلك أسفر قانون بود عن مشكلة وهي توقعه لوجود كوكب على مسافة (2.8) وحدة فلكية من الشمس عندما (n = 5) في قانون بود، لم يعرفه العلماء في حينه والواقع أن قانون بود يعطي نتائج جيدة لمعظم الكواكب ما عدا نبتون وبلوتو ومع هذا اوجد العلماء الكثير من المبررات لذلك، منها أن بلوتو كان في الأصل قمراً لنبتون أو ربما تأثرت مداراتهما بسبب اقتراب مذنب كبير الكتلة منهما. ولا يوجد لقانون بود تفسير حتى الآن. ومن الجدير بالذكر أن أبعاد أقمار المشتري وزحل عن كواكبها تخضع لقانون بود أيضاً.

ولقد اكتشفت الكويكبات واورانوس ونبتون وبلوتو في ضوء قانون بود. حيث عرف العلماء أن المسافة الهائلة بين المريخ والمشتري لا يوجد بها إلا كتل صخرية مختلفة الاحجام تدعى الكويكبات والتي تزيد كتلتها جميعاً عن 0.04% من كتلة الارض ويقدر العلماء عددها بحوالي 30 ألف كويكبة، درسوا منها حتى الآن حوالي 2000 كويكبة (1984م) وأكبر هذه الكويكبات يدعى سيرس Ceres ويبلغ طول قطره حوالي 1000 كم

وشكله كروي تقريباً، ويقع على بعد (2.77) وحدة فلكية عن الشمس حيث اكتشف عام 1801م وبعدها بسنة اكتشف العلماء كويكب آخر يدعى بالاس Pallas، وفي عام 1807 اكتشف كويكبان آخران دعيا بجونو Juno وفيزتا Vesta وفي عام 1845م اكتشف الكويكب أستريا Astrea واطلق على هذه الاجسام الضعيفة السطوع، والصغيرة الحجم اسم استيرويدز (Asteroids) أي تشبهاً بالنجوم الصغيرة.

ولقد تمكن العلماء من دراسة حركة وتركيب هذه الكويكبات الصغيرة الحجم بقياس السطوع الضوئي في مجال الاشعة تحت الحمراء وقياس اقطارها الزاوية لتحديد حجومها، كما واستخدموا التحليل الطيفي للاشعة المنعكسة عن سطوحها حيث تعطي معلومات عن التركيب الكيميائي لسطوحها. كما أن التحليل المباشر للنيازك (Meteorites) وهي بقايا الكويكبات التي تقترب من الارض اقتراباً يجعلها تدخل نطاق جاذبيتها وجوها، فتحترق كشهب في الغلاف الجوي الارضي (Meteors) ويكون حجمها عادة كحجم حبة الحصى فتسقط بسرعة فائقة نحو الارض، وتخترق في الغلاف الجوي الارضي تاركة اثاراً مضيئة مميزة تتألق في السماء لمدة ثوان. ويمكن في الليلة الواحدة (حينما تكون السماء صافية) مشاهدة اكثر من عشرة شهب وهي تحترق في الغلاف الجوي في طريقها لسطح الارض ولا تصل لسطح الارض إلا الشهب الكبيرة الحجم نسبياً. حيث قد يزن الواحد منها عندما ترتطم بسطح الارض عدة أطنان وعندها تكون فوهات ارتطام Impact Craters مميزة على الارض، تشبه تلك التي على سطح القمر، وتدعى عندها بالنيازك.



صورة (10 - 19)
توضح مناطق تجمع الشهب والنيازك

التركيب الكيميائي للكويكبات

تدل دراسات التحليل الطيفي والكيميائي على أن حوالي 75% من الكويكبات تحتوي على مواد كربونية عضوية معقدة التركيب وأن حوالي 5% من الكويكبات تتألف من الحديد والنيكل والمجموعة الباقية من الكويكبات تتكون من السيليكات.

مدارات الكويكبات

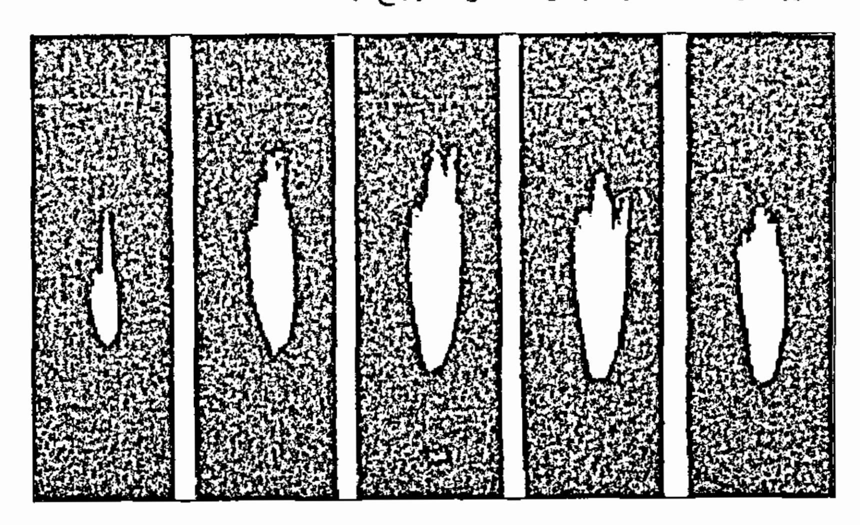
تدور الكويكبات حول الشمس مثل بقية الكواكب باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة. وتتوزع على غير انتظام في المنطقة الواقعة ما بين 2.2 و 3.3 وحدة فلكية عن الشمس، وهي تبتعد عن بعضها البعض ملايين الكيلومترات حالياً ولا تشكل خطراً على رحلات السفن الفضائية التي تمر بين الكواكب ومداراتها اهليلجية ثابتة، لها شذوذية مركزية حوالي 0.3، ويميل مستويات مداراتها من صفر إلى °20، حيث يعتقد العلماء أنه في الماضي كانت تصطدم مع بعضها البعض كثيراً ولكن في الوقت الحاضر قل عددها كثيراً، وليست هناك فرصة مواتية لتصادمها مع بعضها البعض، كما أنه لوحظ أن هناك مدارات ذات زمن دوري معين، يكثر تواجد الكويكبات فيها بينما مدارات اخرى على أبعاد معينة وازمان دورية معينة لا يوجد فيها كويكبات على الاطلاق، وتدعى هذه المناطق غير المأهولة بالكويكبات بفراغات كيرك وود (Kirk Wood) وتقع على بعد 2.5 وحدة فلكية و 3.28 وحدة فلكية، وعلى هذا فإن المدارات التي لها فترات دوران حول الشمس تعادل : أو أو من فترة دوران المشتري حول الشمس فإن الكويكبات التي ستدور في هذه المدارات ستتعرض إلى قوة جذب متبادلة مع المشتري في نفس المكان من المدار كلما تقابلا، مما يؤدي إلى تغير مدار الكويكب تدريجياً واقترابه من المشتري، ومع طول الزمن يصبح المدار فارغاً من الكويكبات كما في حلقات زحل حيث توجد الفراغات ويعتقد العلماء بأن أصل الكويكبات ربما كان كوكباً وانفجر إلى شظايا عديدة، ولكن بسبب قلة كتلة الكويكبات استبعد هذا الرأي. ويبدو أن مادة هذه الكويكبات كانت موجودة أصلاً عندما تشكلت المجموعة الشمسية، ولم تستطيع ان تتكاثف معاً لتكوين كوكب معين بسبب قوة جذب المشتري لها باستمرار، حيث كان السبب في تعجيلها واعطائها سرعة عالية بالقرب منه، حيث أدى إلى زيادة عدد تصادماتها وتساقطها على الكواكب المجاورة.

المذنبات Comts

أجرام سماوية تبدي بريقاً متميزاً من رأس لامع يمتد منه ذيل طويل أو أكثر على شكل سحابة مضيئة، تخترق السماء خاصة عند اقترابه من الشمس ولقد اعتقد ارسطو أنها ظاهرة

تتعلق بالغلاف الجوي الارضي وكان قدوم المذنبات ومشاهدتها يثير الرعب في قلوب الناس وتنذر بالدمار والحروب. حتى جاء العالم تايكويراهي في عام 1577م فأثبت أن المذنبات ما هي إلا أجرام سماوية يدور بعضها حول الشمس في مدارات اهليليجية شديدة الشذوذ المركزي. وتميل مستوى مداراتها بزاوية مختلفة على الاكليتك، وتأتي من مكان بارد بعيد في الفضاء، بدليل احتواء ذيولها على غازات متطايرة، ولو كانت تأتي من مكان قريب للارض فإن مواقعها ستتغير بالنسبة للمشاهد على الارض حسب مكان تواجده.

وعندما جاء العالم البريطاني ادموند هالي (Edmund Halley) قام بمراجعة سجلات ظهور المذنبات فوجد أن خصائص المذنب الذي ظهر في السنوات (153م، 1607م، 1682م) متشابهة، فاقترح أنه نفس المذنب وله زمن دوري حول الشمس يقارب 76 سنة، ومن خلال قانون كبلر الثالث تبين له أن المحور الكبير لمداره الاهليلجي يبلغ حوالي 18 وحدة فلكية تقريباً. وتوقع أن يظهر مرة أخرى عام 1910م، ولقد حاولنا مراقبة مذنب هالي عندما اقترب من الارض اثناء دورانه حول الشمس في نيسان عام 1986م. ولكن كان قريباً من الافق الجنوبي بالنسبة لنا في الاردن فلم نتمكن من مشاهدته. وللمذنبات مدارات بعضها اهليلجي (قطع ناقص) وبعضها على هيئة قطع مكافىء أو على هيئة قطع زائد. وفي الحالة الاولى يكون للمذنب زمن دوري معين، أما في الحالتين الآخيرتين فإن المذنبات تدور حول الشمس مرة واحدة ولا ترجع ابداً.



صورة (11 - 19) لمذنب ارند رولاند على مدى خمسة أيام متتالية من 1957/4/26 إلى 1957/5/1م. يظهر فيها التغير في شكل الذيل.

تركيب المذنبات

يكون المذنب في الفضاء الخارجي بعيداً عن الشمس غير مرئي من الارض، ويعتقد بأنه يكون على شكل جسم صخري غير منتظم الشكل مغلف بطبقة جليدية من الغازات المختلفة. ولكن عند اقترابه من الشمس يتميز إلى مناطق معينة هي :

النواة Nucleus

وهي تمثل الجزء الصلب من المذنبات وتتكون من جزئيات متجمدة من الماء وثاني اكسيد الكربون والنشادر والميثان، ويبلغ قطرها بضعة كيلومترات وربما يحتوي على مواد نيزكية معدنية.

الشوشة (الراس) Coma

وتظهر عند اقتراب المذنب من الشمس (أي عندما يصل إلى مدار المريخ) حيث تتكون غيمة كروية الشكل تقريباً من الغازات المتألقة بالضوء نتيجة تبخر الغازات المتجمدة حول النواة بفعل أشعة الشمس ويبلغ قطرها حوالي 100.000 كم وتدل الدراسات الطيفية على احتوائها على جزيئات بسيطة (N_2, Co, CN, CH, C_3, C_2, H_2O) وعلى جزيئات معقدة (H_2, CH_4, NH_3, Co_2).

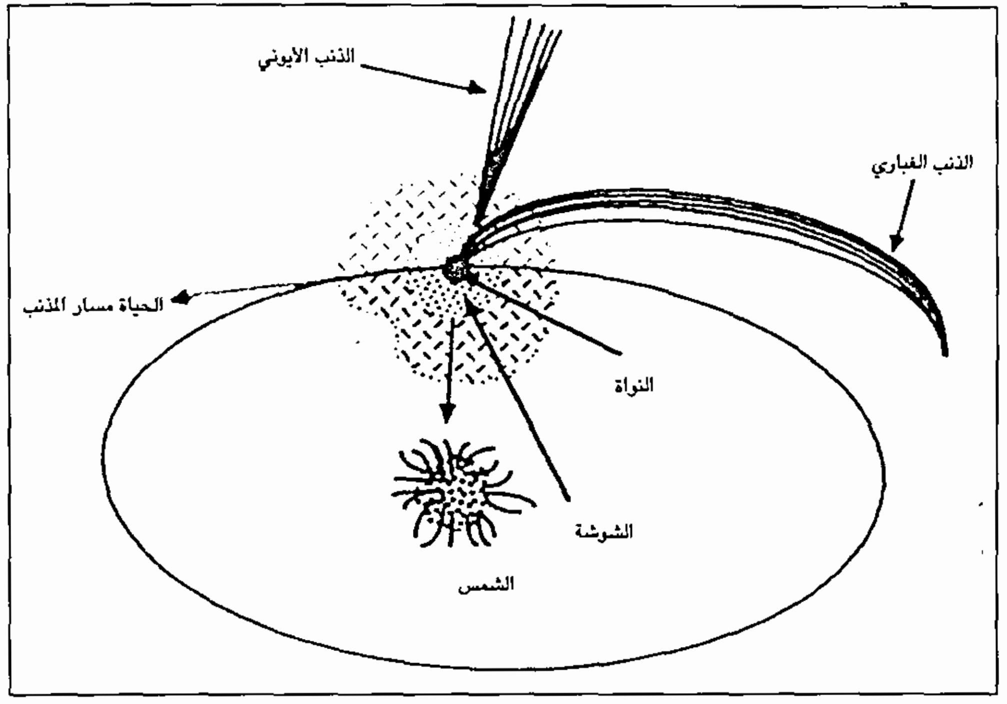
الذيل Tail

يتكون الذيل عند اقتراب المذنب كثيراً من الشمس، حيث يتبخر جزءاً كبيراً من طبقاته الخارجية بفعل الاشعاعات والرياح الشمسية الساخنة حيث تندفع اجزاء من غلافه الغازي (الشوشة) بعيداً عن النواة مكونة ذيل متوهج يكون في (عكس اتجاه الشمس) ويمتد الذيل في الفضاء ملايين الكيلومترات في الفضاء وهو من نوع الذنب الايوني (ويكون مائل إلى الزرقة) حيث ينتج بفعل تصادم الرياح الشمسية مع الذرات والجزيئات في الشوشة فتنفصل عنها الكتروناتها وتصبح الذرات موجبة الشحنة مثارة في مستويات طاقة عالية فتتأثر بالمجال المغناطيسي للشمس، وعندما تعود للاتحاد مع الكتروناتها السالبة، ينبعث ضوء منها (CH^+, Co_2^+, N_2^+, Co^+).

وهناك ذيل ثاني يلحق بالمذنب عادة يدعى الذنب الغباري ولونه مائل للصفرة نتيجة انعكاس اشعة الشمس، ويتألف من جسيمات غبارية من مادة السيليكات، حيث تصطدم الفوتونات الضوئية (الاشعاع الشمسي) مع الغبار في الشوشة، فتدفعه بقوة خلف المذنب، ولذلك تتنحى بعيداً عن الذنب الأيوني.

وتبقى جسيمات الغبار خلف المذنب مكونة جدولاً يسير حول الشمس في مدار المذنب

نفسه، وتمر الارض من هذا الجدول مرة واحدة في السنة على الاقل وبذلك تستطيع هذه الجسيمات الغبارية من التعلق بجو الارض، وتسبح به بسرعة كبيرة، حتى تحترق بواسطة احتكاكها مع الهواء فتظهر الشهب في السماء الليلية بمعدلات غزيرة تصل إلى 1000 شهاب في الساعة، حيث تعرف هذه الظاهرة بزخات الشهب (Meteor Showers).



شكل (12 - 19) يوضح تركيب المذنب.

الشمس The Sun

تعد الشمس نجماً متوسطاً بالمقارنة مع بلايين النجوم الموجودة في مجرتنا «درب التبانة»، وهي أقرب النجوم إلى الأرض. وتختلف الشمس عن الأرض بأنها مكونة من الغاز كلياً وينبعث من سطح الشمس (الكرة الضوئية) الضوء الذي يضيء نهارنا ويعطينا الدفء والحرارة.

وتشكل كتلتها 99.9% من كتلة المجموعة الشمسية جميعاً، وإليك أهم خصائصها الطبيعية المعروفة :

متوسط بعدها عن الأرض 149 مليون كم، والقطر الزاوي الظاهري لها "59 '31 وتبلغ كتلتها 1.99×10^{33} غم، ومتوسط كثافتها 104 غم / سم^3، ويبلغ القطر الحقيقي للشمس 104×10^6 كم. وتبلغ سرعة الأفلات من سطحها 618 كم / ث. وأما عجلة الجاذبية فهي

27.9 مرة من عجلة الجاذبية الأرضية. وتبلغ درجة الحرارة في مركزها 14 مليون مطلقة. وأما ميل محور دوران الشمس مع العمودي على مستوى مدار الأرض فيبلغ $7^{\circ}\ 10'$، وفترة دورانها حول محورها 25 يوم لنقطة على خط استوائها، وتبلغ 28 يوم لنقطة على خطوط العرض المتوسطة، وتصل إلى 34 يوم لنقطة عند الأقطاب. ولها حركة مدارية حول مركز مجرة درب التبانة، إذ تدور حولها بسرعة 250 كم في الثانية والثابت الشمسي، أي كمية الأشعة الاجمالية التي تصل إلى سطح الأرض فتبلغ 1.94 سعر حراري / سم^2 / دقيقة. وأما نورانية الشمس، أي كمية الطاقة الاجمالية التي تبعثها الشمس إلى الفضاء فهي 3.83×10^{33} أرغ / ثانية.

التركيب البنائي للشمس

الشمس كروية غازية متزنة ديناميكياً بسبب تساوي قوة الجذب نحو مركز الكرة الغازية (للداخل) وقوة ضغط الغاز الساخن الذي يدفع الأجزاء المجاورة (للخارج)، وتتركب الشمس كيميائياً من غاز الهيدروجين بنسبة 70%، وغاز الهيليوم بنسبة 27% وبقية العناصر الأخرى بنسبة 3%، وتشمل (الليثيوم، البريليوم، البورون، الكربون، النيتروجين، الأوكسجين، الفلور، النيون، الصوديوم، الماغنيسيوم.. الخ).

وتتولد الطاقة الشمسية في باطن الشمس حيث كثافة الغاز كبيرة جداً ودرجة الحرارة عالية جداً، (المنطقة الواقعة على بعد 10% من نصف قطرها)، حيث تحدث التفاعلات الاندماجية النووية (بواسطة تفاعل البروتون بروتون) وفيه تندمج أربع نويات لذرات الهيدروجين (بروتونات) لتكون أيون ذرة الهيليوم، حيث تكون كتلة النواة الناتجة اقل من كتلة المواد المتفاعلة وفرق الكتلة يتحول إلى طاقة حسب معادلة انيشتاين التي تنص على أن الطاقة الناتجة من التحول = كتلة المادة المتحولة إلى طاقة × مربع سرعة الضوء.

$$\underset{\text{erg}}{\Delta E} = \underset{\text{gm}}{\Delta m} \cdot \underset{\text{cm/sec}}{C^2}$$

ولقد وجد العلماء أن 0.7% من كتلة الهيدروجين المتفاعل يتحول إلى طاقة على شكل فوتونات ذات طاقة عالية تدعىٰ (أشعة جاما) وخلال حركة هذا الفوتون من باطن الشمس إلى السطح يحدث له امتصاص وانبعاث بلايين المرات من خلال تصادمه مع الأيونات ذات الكثافة العالية في المركز. وعقب كل تصادم مع ذرة يفقد الفوتون جزءاً من طاقته، ويزداد طوله الموجي ويتحرك في مسار عشوائي حتى يصل إلى السطح بعد ملايين السنوات من

لحظة تكونه، وعند وصوله للسطح يصبح طوله الموجي ضمن المنطقة المرئية للضوء، ويمكن تقسيم الشمس إلى المناطق الحرارية التالية :

الطبقات الداخلية

أ- اللب : (النواة المركزية) : حيث تحدث التفاعلات الاندماجية النووية (وتشمل حتى 0.25 من نصف قطر الشمس).

ب- طبقة الاشعاع : وتنتقل فيها الحرارة للسطح بالإشعاع وتحيط بلب الشمس (وتشمل حتى 0.68 من نصف قطر الشمس).

جـ- طبقة العملان : وتنتقل فيها الحرارة للسطح بالحمل (وتشمل حتى 0.98 من نصف قطر الشمس).

الطبقة الوسطى

(طبقة الغلاف المنير) أو الكرة الضوئية للشمس.

وهي الطبقة المرئية الصفراء التي تظهر لنا من الأرض وتدعى بالفوتوسفير (Photo-sphere) وتشمل المنطقة الواقعة ما بين 0.98 إلى 1.0 من نصف قطر الشمس، وتفصل ما بين الشمس وغلافها الجوي، وينبعث ضوؤها إلينا خلال 8 دقائق تقريباً، وتبلغ كثافتها حوالي 0.001 من كثافة الهواء الجوي عند مستوى سطح البحر، وهي غير منفذة للضوء ولذلك لا نستطيع رؤية الطبقات التي تحتها مباشرة.

طبقات الغلاف الجوي الخارجية

ويتميز الغلاف الجوي للشمس إلى ثلاث مناطق منفذة للضوء المنبعث من الكرة الضوئية للشمس، ولا يوجد حدود واضحة معلومة بينها.

وهذه المناطق مرتبة من الأسفل للأعلى هي :

أ- الطبقة القالبة Reversing Layer :

وتقع فوق سطح الشمس (الكرة الضوئية) مباشرة، ويبلغ سمكها حوالي 1609 كم، والتي حددها العلماء باستعمال الكسوف الشمسي بمعرفة الزمن الذي يحتاجه القمر حتى يقطع هذه الطبقة، ومعرفة سرعة القمر في مداره، وتتقص كثافتها تدريجياً إلى 5×10^{-13} غم /سم^3، بينما تزداد درجة حرارتها كلما اتجهنا نحو سطحها العلوي ($7500\ k^{\circ}$) وتعمل ذرات الغاز في هذه الطبقة على امتصاص آلاف الفوتونات الضوئية المنبعثة من طبقة الكرة الضوئية والتي تؤدي إلى وجود اطياف مركبة على طيف الشمس المستمر.

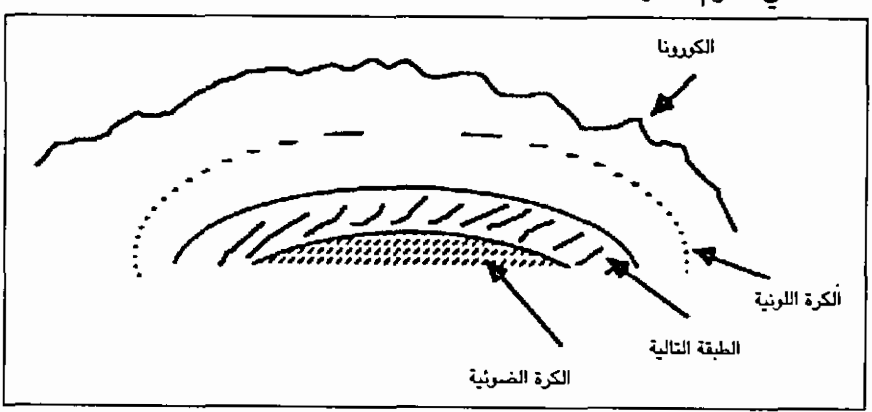
ب- طبقة الكروموسفير The Chromosphere :

وتدعى (بالكرة الملونة)، وهي الطبقة المتوسطة في الغلاف الجوي للشمس. ويبلغ متوسط سمكها 9654 كم تقريباً. وتظهر بلون وردي (Rose - Pink) والذي يعود إلى انبعاث أطياف خطية لامعة عن ذرات الهيدروجين ($\lambda_h = 6563Å$) مما يدل على أن هذه الطبقة ساخنة، قد تصل حرارتها إلى مليون درجة مطلقة، وأما كثافتها فتصل إلى حوالي 10^{-15} غم / سم ^{3}. ويبدو الهيدروجين متأيناً 100%.

والجدير بالذكر أن هذه الخطوط الطيفية الإنبعاثية ضعيفة لا تظهر في الطيف الشمسي، وتومض هنيهة فور كسوف الشمس معطية ما يسمى بـ (الطيف الومضي Flash Spectrum)، والذي يدلنا على العناصر الكيميائية الموجودة فيه. وتدل الأبحاث على أن الجزء العلوي من هذه الطبقة في حالة ثوران دائم، حيث تندفع كتل غازية كبيرة لارتفاعات شاهقة.

جـ- الطبقة (التاجية) الكورونا The Corona:

وتعلو الكرة اللونية، ولا ترى بالعين المجردة إلا خلال الكسوف الكلي للشمس، ويبلغ سمكها حوالي 1.6 مليون كم. ويرتبط شكل وحجم طبقة الاكليل بدورة الكلف الشمسي Sun Spots التي تدوم لفترة 11.5 سنة.



شكل (13 - 19) يوضح تركيب الشمس.

فهي دائرية عندما يكون الكلف الشمسي في ذروة نشاطه، ويكون شكلها بيضاوي (El-ongated) عندما يكون الكلف الشمسي أقل ما يمكن على سطح الشمس. وتكون كثافة الغاز قليلة جداً، وتتصادم الذرات بسرعات تنتج عنها درجات حرارة عالية، تقارب المليون درجة مطلقة، وتبعث هذه الطبقة خطوط طيفية انبعاثية جديدة من الحديد والكالسيوم

العالية التأين، حيث تفقد ذرة الحديد 13 الكتروناً نهائياً من أصل 26 الكترون، كذلك الكالسيوم يفقد 6 الكترونات نهائياً من أصل 20 الكترون، وترتفع غازات هذه الطبقة ملايين الكيلو مترات في الفضاء الخارجي.

الظواهر الشمسية

ظاهرة البقع الشمسية (Sun Spots)

كان غاليليو أول من شاهد وجود البقع الشمسية على سطح الشمس تلسكوبياً، وتختلف مساحة هذه البقع، فقد تصل إلى آلاف الأميال المربعة، وهي تتكون من منطقة مركزية مظلمة، (الظل) محاطة بمنطقة خارجية أقل ظلمة (شبه ظل) ومتوسط درجة حرارتها حوالي 4000 K° ولذلك تبعث ضوءاً قليلاً بالنسبة لسطح الشمس (الفوتوسفير) ولذلك فهي تظهر مظلمة بالنسبة للمناطق المجاورة لها. ويتغير عدد هذه البقع الشمسية دورياً مع الزمن من 50 إلى 500 بقعة شمسية في السنة، على مدى 11 يوم تقريباً. وتدوم هذه البقع عادة لفترة تتراوح ما بين 4 أيام إلى 100 يوم، وتتواجد البقع الشمسية عند بدء الدورة البقعية على خطوط عرض متوسطة 30° ± شمال وجنوب خط الاستواء وخلال الدورة تقترب هذه البقع من خط الاستواء الشمسي وعند نهاية الدورة تقع جميعها على خط الاستواء وترتبط البقع الشمسية بحقول مغناطيسية عالية جداً (تزيد حوالي 1000 مرة بالنسبة لمناطق الغاز المجاورة). حيث تندفع حزم من المادة المتأينة من باطن الشمس عبر سطحها مكونة هذه البقع، وتعمل البقع الشمسية إما كقطب مغناطيسي شمالي أو جنوبي، وقد تظهر على شكل أزواج من البقع إحداها شمالي مغناطيسي والأخرى جنوبي مغناطيسي، وعند قدوم الدورة الثانية للبقع الشمسية يتغير اتجاه قطبيها تماماً، أي عندما يتغير اتجاه المجال المغناطيسي للشمس (أي أن الدورة المغناطيسية الشمسية هي 22 سنة). ولقد تأكد العلماء من دوران الشمس حول نفسها عن طريق حركة البقع الشمسية التي كانت تدور مع سطح الشمس.

الشواظ الشمسي Prominenc

وهي عبارة عن اندفاع السنة من اللهب الوردي بعيداً عن سطح الشمس على شكل أقواس ومنحنيات آلاف الأميال، وهي في معظمها تتكون من الغازات الساخنة المقذوفة من سطح الشمس نحو الغلاف الخارجي للشمس (الاكليل).

وتبقى لفترة تتراوح ما بين بضعة أيام إلى بضعة أشهر، وتصل سرعة اندفاعها إلى 480 كم / ث.

التاجج الشمسي Solar Flares

تظهر فوق طبقة الكروموسفير من حين لآخر سحب وهاجة ساطعة لبضع دقائق ثم تختفي تدريجياً خلال ساعة أو أكثر، وتتكون بجوار مناطق البقع الشمسية. وهي أصغر من الشواظ الشمسي، كما أنها تصل إلى ارتفاعات أقل، وتعود أهميتها إلى أنها تبعث اشعاعات في مجال الأشعة السينية والفوق بنفسجية، والأمواج الراديوية خلال فترة حياتها القصيرة والتي تصل للأرض بسرعة الضوء وتؤثر على انتقال الموجات الراديوية على الأرض وعلى المجال المغناطيسي للأرض. كما أنها تزود الرياح الشمسية بالدقائق المشحونة المتأينة (بلازما) والتي تصل للأرض خلال ثلاثة أيام والتي تؤثر على مجال الأرض المغناطيسي وتسبب ظهور الشفق القطبي (Aurorae) عند القطبين.

الشعيرات الشمسية Faculae

وتظهر على قرص الشمس سحب متوهجة ناتجة عن توهج بعض العناصر المتأينة فيه قبل ظهور البقع الشمسية بيوم أو أكثر ولكنها تدوم لفترة أطول من البقع الشمسية.

الحبيبات Granulation

وهي المظهر المرقش لطبقة الفوتوسفير والتي تظهر كمناطق مضيئة، حيث يرتفع فيها الغاز الساخن بواسطة تيارات الحمل، وهي أكثر سطوعاً من المناطق المظلمة المجاورة لها، حيث يهبط الغاز إلى داخل طبقة الفوتوسفير، ويتراوح قطر هذه المناطق حوالي 1000 كم.

الخلاصة

ناقشنا في هذا الفصل المفاهيم المتعلقة بالمجموعة الشمسية وقمنا بدراسة الكواكب حسب بعدها عن الشمس، بدءاً بكوكب عطارد ثم كوكب الأرض، ثم القمر، والمريخ، والمشتري، وزحل، وأورانوس، وبلوتو، ثم تحدثنا عن الكويكبات والمذنبات، كما درسنا التركيب الكيميائي للكويكبات والمذنبات، وتركيب الشمس، كما تحدثنا عن بعض الظواهر الشمسية ودرسنا بنوع من التفصيل ظاهرتي المد والجزر. وسندرس في الفصل اللاحق استخدام التلسكوبات على الأرض وفي الفضاء للدراسات الفلكية.

أسئلة وتمارين

1- رتب الكواكب تبعاً لبعدها عن الشمس (من الأقرب للأبعد).

2- رتب الكواكب تبعاً لدرجة حرارة الجانب المظلم فيها (من الأسخن للأبرد).

3- رتب الكواكب حسب طول يومها (من الأطول للأقصر).

4- أي الكواكب لها أقمار؟ وكيف تدور هذه الأقمار حولها؟

5- أي من الكواكب لها أكبر سرعة إفلات؟ وهل لها أغلفة جوية؟

6- أي من الكواكب لها مجال مغناطيسي؟ وهل لها لب مصهور؟

7- قارن بين معامل البياض لكل من : الارض، الزهرة، القمر، زحل، اورانوس.

8- مم تتكون الغيوم على كوكب الزهرة؟

9- ما هي المكونات الكيميائية للغلاف الجوي لكل من : المريخ، الأرض، والمشتري، والزهرة؟

10- ما فائدة كل من : طبقة ستراتوسفير، الأيونوسفير، المغنيتوسفير، طبقة الأورون، غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو؟

11- من خلال دراستك للكواكب، ما هي الأدلة التي تؤيد نشوؤها معاً في نفس الظروف؟ وما هي الأدلة التي تناقض ذلك؟

12- أين توجد الكويكبات؟ وما شكل مداراتها حول الشمس؟ وكم تبلغ كتلتها جميعاً؟ وما هو قطر أكبرها حجماً؟ وما هو أصلها؟

13- ما هو مصدر النيازك التي تسقط على الأرض وما هو مصدر المذنبات؟ وعلى ماذا يدل احتواء ذيولها على غازات متطايرة؟

14- ما المقصود بكل من : الشهب، النيازك، الفوتوسفير، الكروموسفير، الكورونا، البقع الشمسية، الشواظ الشمسي، التأجج الشمسي، الشعيرات الشمسية؟

15- متى يكون المد على الأرض أعلى ما يمكن؟

16- هل يتغير طول اليوم نتيجة المد والجزر على الأرض؟

17- لو كان اليوم الأرضي 12 ساعة بدلاً من 24 ساعة فكم مداً وجزراً يحدث في اليوم؟

الفصل العشرون

استخدام التلسكوبات في الدراسات الفلكية

مقدمة

يستخدم الفلكيون اساليب عديدة ومتطورة لمراقبة ودراسة الأجرا السماوية وقد أدت في النهاية الى توسيع معلوماتنا ومداركنا عن الكواكب والنجوم والمجرات والفلكي يجب أن يكون ملماً بالعلوم الفيزيائية وخاصة ميكانيكا الحركة وعلم الضوء وغيره، بالإضافة الى المامه بالعلوم الرياضية المختلفة وعلوم التحليل الكيميائي والمهارة الفائقة في تصميم الأجهزج والمعدات الفلكية المختلفة واستخدام الحاسبات الالكترونية.

ومن الأساليب المستخدمة التصريو الفوتوغرافي، والدراسات الطيفية للنجوم، وأجهزة الطيف الكهرومغناطيسي، اضافة الى اجهزة التحليل الطيفي، واخيراً التلسكوبات والتي سنتعرض لها بشيء من التفصيل.

استخدام التلسكوبات على الأرض وفي الفضاء وفي الدراسات الفلكية.

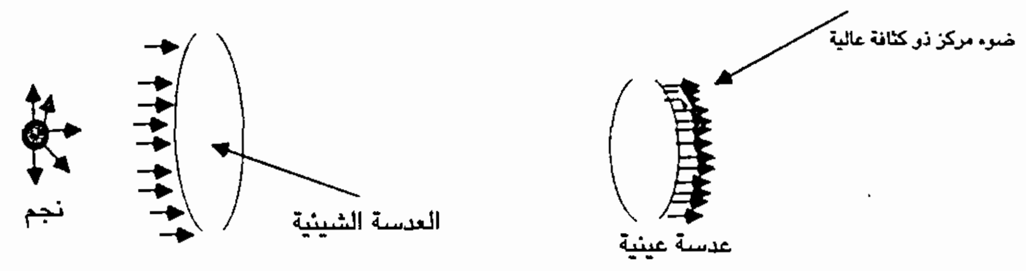
تُعد الأمواج الكهرومغناطيسية بجميعأطوالها الموجية الصادرة عن النجوم والمجرات والكواكب والسدم الغازية المنتشرة في فضاء ما بين النجوم مهمة جداً للفلكيين لاحتوائها على معلومات حول ماهية هذه المصادر، واماكن وجودها وتوزيعها في الكون. ولذلك قام العلماء ببناء تلسكوبات متعددة الاغراض تتناسب ومناطق الطيف الكهرومغناطيسي. فهناك التلسكوبات البصرية لدراسة الضوء المرئي من النجوم والاشعة المنعكسة عن الكواكب. وهناك التلسكوبات الراديوية الضخمة على الأرض. أما في الفضاء فقاموا ببناء محطات فضائية تدور في مدارات حول الأرض لدراسة الاشعاعات الغير مرئية. وكثيراً ما يواجه العلماء الباحثين صعوبات تتمثل في حركة التيارات الهوائية في الغلاف الجوف الارضي، وامتصاص بخار الماء الموجود في الجو لجزء من الأشعة تحت الحمراء، أو تلوث الجو بالدخان والغبار، وحتى ان حركة الارض حول نفسها، تؤثر على التلسكوب الارضي المرتكز عليها فتجعله يدور معها وبذلك يتغير اتجاه التلسكوب عن مكان النجم المرصود في الفضاء فلا يعود النجم في مجال الرؤيا: وللتغلب على هذه المشكلة، يتم توصيل التلسكوب بماتور كهربائي يعمل على ادارة التلسكوب حركة دورانية معاكسة لدوران الأرض حول نفسها وبنفس سرعة دورانها، اضافة الى ان التلسكوبات نفسها والاجهزة الاخرى المستخدمة تسبب انبعاث اشعاعات تتداخل مع لموجات الكهرومغناطيسية المرصودة. ومع

هذا فإن لعلماء قد طوروا الاجهزة التلسكوبية لدرجة انها اصبحت اهم اداة في ايديهم لدراسة الكون وبناء نظريات علمية صحيحة حول نشأته وتطوره.

الوظائف الرئيسية للتلسكوبات

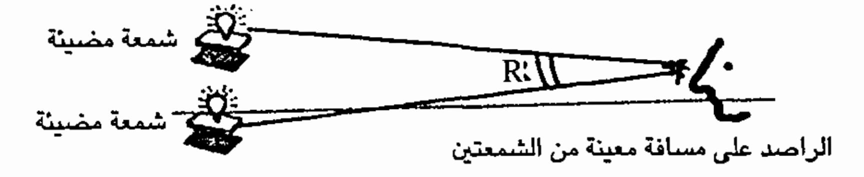
للتلسكوبات ثلاث وظائف رئيسية وهي:

أ) زيادة السطوع الظاهري للاجرام السماوية. وتعتمد هذه الزيادة في سطوعها على القدرة الكبيرة لهذه التلسكوبات على تجميع الضوء النجمي بواسطة استخدام العدسة الشيئية ومن ثم تركيزه في حزمة ضيقة الى انسان العين للمشاهد من خلال العدسة العينية. حيث ينتج زيادة في سطوع الجسم المرئي. ولقد تمكن العلماء من رؤية نجوم خافتة الاضاءة ومستحيلة الرؤيا بالعين المجردة وتعتمد قدرة التلسكوب على تجميع الضوء على مساحة العدسة الشيئة (πR2) . شكل (1 - 20)



شكل (1 – 20) يبين مساحة العدسة الشيئية

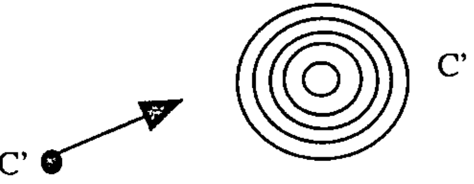
ب) زيادة قوة التحليل (Resolving power) ووضوح التفاصيل الصغيرة في الجرم المرئي والتي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. ويزداد وضوح الصورة كلما ازدادت قوة التحليل للتلسكوب. ولتوضيح ذلك، دعنا ننظر الى شمعتين قريبتين من بعضهما (بضعة سنتيمترات) من على بعد بضعة امتار فسوف نشاهد مصدرين ضوئيين تباعدين، وعند النظر اليهما من مسافة ابعد، فسوف نشاهد مصدر ضوئي غير واضح المعالم.



شكل (2 - 20) يبين صورة شمعة مضيئة عندما تكون الزاوية بين الشعاعين اقل من 6 درجات قوسية

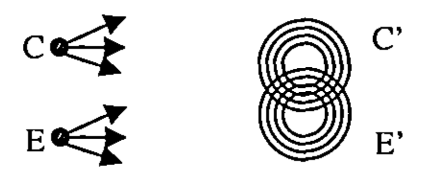
وتدل النتائج التجريبية على أنه لا يمكن تمييزهما كمصدرين ضوئيين اذا كانت الزاوية المتكونة من الخطين الشعاعيين الصادرين عنهما عند العين أقل من ('6) (ست دقائق

قوسية ولذلك يقال أن قوة التحليل للعين البشرية هي ست دقائق قوسية (R = 6') . وتعود عدم المقدرة على الفصل بين النقاط المضيئة المتقاربة جداً من بعضها والتي تصنع زاوية اقل من (6') الى خاصية اساسية للضوء هي الحيود الضوئي. حيث تظهر كل نقطة ضوئية في الجسم (C) على شكل قرص صغير له تركيب معقد على شبكية العين البشرية، حيث يتكون القرص من حلقة مركزية صغيرة ساطعة جداً تحتوي على 85% من الأشعة القادمة ومحاطة بحلقات مظلمة ومضيئة ويقل سطوع هذه الحلقات تدريجياً الى ان تصل الى حافة القرص (شكل3 - 20).



شكل (3 - 20) ظهور الحرف C على شكل حلقات

فإذا كانت هناك نقطة مضيئة ثانية (E) قريبة من النقطة الأولى بأقل من (6') فإن القرص المتكون (E') سيتداخل مع القرص (C') ، وعندها لا يستطيع العقل ان يميز بين النقطتين (C)، (E) وسيرى النقطتان على شكل نقطة واحدة ممتدة قليلاً. (شكل 4 - 19).



شكل (4 - 20) يبين التداخل بين الحرفين

وتدل النظرية البصرية على أنه كلما كانت العدسة الشيئية اكبر قطراً كلما كان القرص الضوئي الناتج اصغر قطراً وعليه يسهل التمييز بين النقاط الضوئية المتقاربة ومن ناحية عملية يعتمد قوة تحليل التلسكوب على قطر عدسته الشيئية وتستعمل الصيغة التالية لحساب قوة التحليل للتلسكوب:

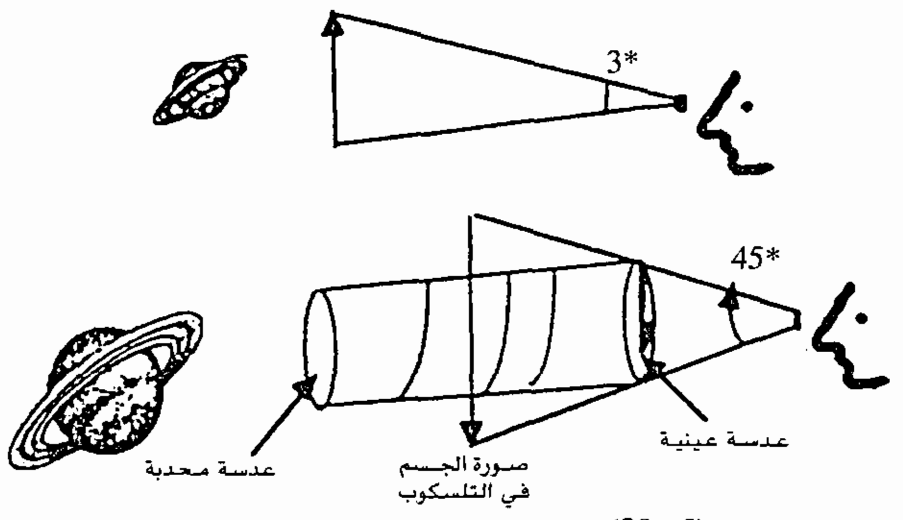
$$\text{قوة التحليل للتلسكوب } (R) = \frac{11.6}{D}$$

حيث D تمثل قطر العدسة الشيئية وتقاس بالسنتمترات، ويمثل (R) قوة التحليل (بالريديان) حيث تحول الى وحدات زاوية، وكلما كانت قيمة (R) صغيرة كلما كانت قوته التحليلية اكبر بين الجسيمات المتقاربة.

جـ - زيادة التكبير الزاوي للأجرام السماوية Angular Maginification فإذا كان الجسم يصنع عند العين زاوية مقدارها (300)، واصبحت صورة الجسم النهائية في التلسكوب تصنع زاوية مقدارها (45^0) فإن قدرة التلسكوب على التكبير الزاوي هو

$$\frac{45^0}{3^0} = 15$$ مرة

إن زيادة الزاوية المتكونة عند العين من نهايتي الجسم تعطي انطباعاً للمشاهد بقرب الصورة من العين اكثر مما كان عليه الجسم في الأصل (الشكل (5 - 20)



شكل (5 - 20) يبين قرب الصورة من العين كما تبين قوة التكبير الزاوي

وتعتمد قدرة التلسكوب على التكبير الزاوي للاجرام السمارية على كل من البعد البؤري للعدسة الشيئية والعينية ويحسب التكبير الزاوي للتلسكوب بالعلاقة التالية:

$$\text{قوة التكبير الزاوي} = \frac{\text{البعد البؤري للعدسة الشيئية}}{\text{البعد البؤري للعدسة العينية}} = \frac{f_{objective}}{f_{eyepiece}}$$

وتظهر الصورة في معظم التلسكوبات مقلوبة، وتتكون صورة النجوم كنقطة مضيئة مهما كانت قوة التكبير وهناك عيوب عديدة لزيادة التكبير منها: ان وضوح الصورة يقل، كما أنه يؤدي الى نقصان السطوع في الصورة الناتجة حيث تتوزع نفس كمية الضوء على مساحة اكبر وتكون النتيجة خفوت لمعان الصورة اكثر، كما انه يؤدي الى تقليل مجال الرؤية في السماء ويعطى مجال الرؤية الحقيقي بالعلاقة التالية:

مجال الرؤية الحقيقي للتلسكوب = مجال الرؤية الظاهري للعدسة العينية / قوة التكبير

كما وتؤدي الزيادة في التكبير الى زيادة التألق النجمي والتألق النجمي هو في الواقع تغيرات سريعة تطرأ على السطوع الظاهري للنجم وعلى الوانه مصحوبة بازاحات طفيفة لموقع النجم الظاهري، وهذه التأثيرات ناتجة عن حركة الضوء في طبقات الغلاف الجوي الارضي وتزداد هذه التأثيرات في التلسكوبات الكبيرة.

ولهذه الاسباب مجتمعة هناك حدود عليا للتكبير يجب عدم تجاوزها ويعطى الحد الأعلى للتكبير بالعلاقة التالية:

الحد الأعلى للتكبير = قطر العدسة الشيئية (بالبوصات) × 50

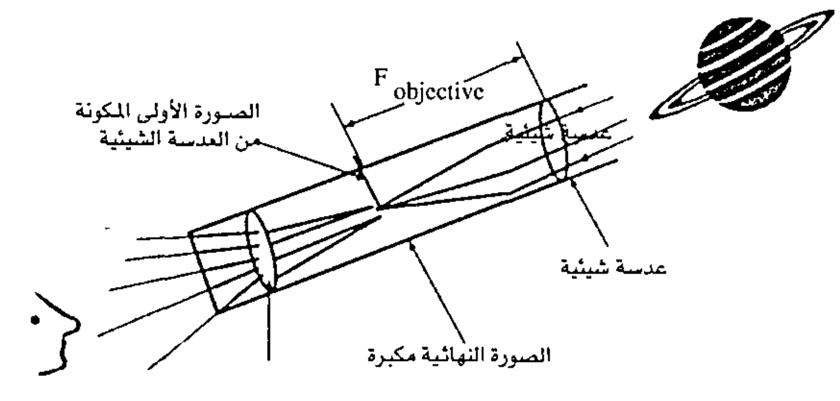
انواع التلسكوبات الفلكية

التلسكوبات البصرية Optical Telescopes

ومن أهم أنواعها:

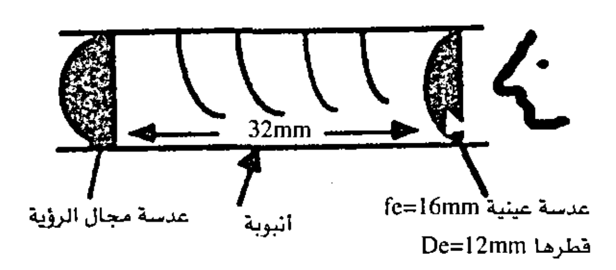
أ التلسكوب الكاسر Refracting Telescope

ومن الأمثلة عليه تلسكوب غاليلو، ويتكون من انبوبة طويلة في مقدمتها عدسة محدبة تستقبل حزمة الأشعة الضوئية المرئية المتوازية الصادرة عن النجم البعيد، تدعى (العدسة الشيئية Objective lense) وتجمعها في نقطة واحدة تدعى بؤرة العدسة وعلى بعد (f) من العدسة حيث يتكون صورة النجم أو الكوكب وللنظر إلى الصورة المتكونة يستخدم عدسة عينية (eye piece) توضع في نهاية التلسكوب امام العين مباشرة، لتكوين صورة مكبرة للجسم. والعدسة العينية ذات بعد بؤري صغير نسبياً، وتتألف عادة من عدستين احدهما تدعى بعدسة مجال الرؤيا والاخرى التي توضع امام العين مباشرة (بالعدسة العينية) وتثبت العدستان بشكل دائم في انبوبة منفصلة يمكن انزلاقها للامام او الى الخلف داخل الانبوبة الرئيسية للتلسكوب. وتقوم عدسة المجال بتجميع الضوء من العدسة الشيئية وتوجيهه الى عدسة العين الصغيرة حيث تقوم الاخيرة بتكبير الصورة النهائية.



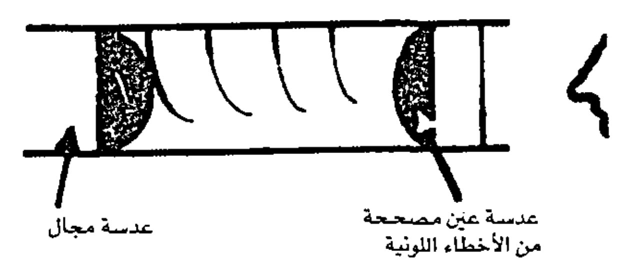
شكل (6 - 20) التلسكوب الكاسر

والعدسات العينية أنواع مختلفة (معقدة التركيب) فمنها ما يتكون ن عدستان (كل منهما محدبة مستوية Plano conrex) يبعدان عن بعضهما حوالي بوصة واحدة، بحيث يكون الوجه المستوى لكل منهما باتجاه عين المشاهد كما في نظام هايجن للعدسة العينية (الشكل 7 -20)



شكل (7 - 20) عدسة عينية معقدة

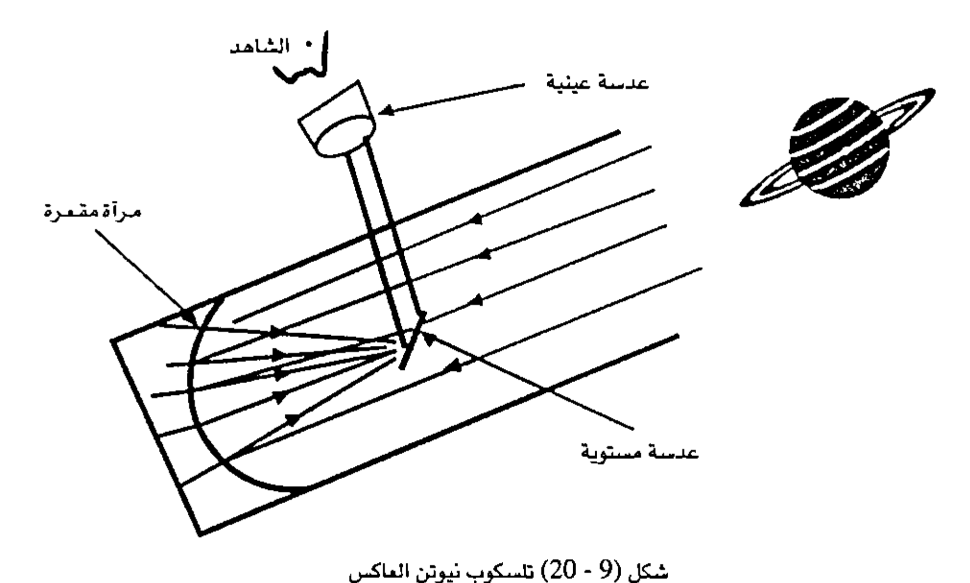
ويستخدم هذا النوع لقوة تكبير منخفضة بسبب العيوب البصرية الاخرى التي يصعب تصحيحها. ومنها ما يدعى بنظام كلز العيني ويتكون من عدسة مجال الرؤية (محدبة مستوية) بحيث يكون السطح المستوي مواجه للنجم وعدسة عين صغيرة القطر من النوع التي تخلو من الأخطاء اللونية Achromatic Eye Lense (شكل 8 - 20).



شكل (8 - 20) نظام كلز العيني

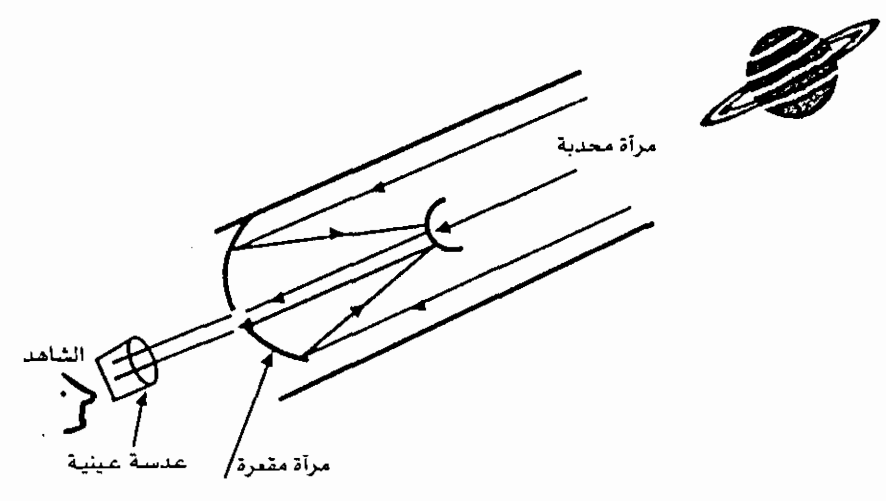
ب . التلسكوب العاكس Reflecting telescope

ومن الأمثلة عليه تلسكوب نيوتن ويتكون من انبوبة طويلة في نهايتها مرآة مقعرة حيث يسقط الضوء الصادر عن النجم كحزمة متوازية من الأشعة على المرآة فتجمعه مكونة صورة للنجم في نقطة (بؤرتها) داخل انبوبة التلسكوب. وحتى نتمكن من رؤية الصورة دون التدخل في طريق الاسعة استخدم نيوتن مرآة مستوية صغيرة مائلة بزاوية (45^0) قبل نقطة تجمع الاشعة بقليل ولتعكس الحزمة الى نقطة جانبية خارج انبوبة التلسكوب، حيث يمكن النظر اليها باستعمال عدسة عينية مناسبة (شكل 9 - 20).



شكل (9 - 20) تلسكوب نيوتن العاكس

وهناك نماذج اخرى منها تلسكوب كاسجرين (Cassegrain) حيث تستخدم مرآة محدبة صغيرة توضع في بؤرة المرآة المقعرة فتعمل على انعكاس الحزمة الضوئية خارج التلسكوب من خلال ثقب في مركز المرآة المقعرة. الشكل (10 - 20).



شكل (10 - 20) تلسكوب كاسجرين العاكس

هذا ويُعد التلسكوب الكاسر اول ما اخترع من التلسكوبات وما زال يستعمل حتى الآن في مجالات بحثية متعددة، ومن ناحية اخرى ازدادت شعبية التلسكوبات العاكسة واستخداماتها بين الباحثين في هذه الأيام، على الرغم انه لا يوجد اختلاف رئيسي بينها من ناحية قوة تجميع الضوء، او قوة التحليل او قوة التكبير او طريقة تثبيت التلسكوب على الارض. ومع ذلك فلكل مساوىء وفوائد نذكر منها:

1 - سهولة صنع التلسكوب العاكس. حيث نحتاج الى صقل سطح واحد فقط من المرآة المقعرة حيث ينعكس الضوء ولا يشترط في زجاج المرآة الجودة التامة بينما في التلسكوب الكاسر حيث يمر الضوء من زجاج العدسة الشيئية يجب صقل وجهيّ العدسة تماماً وجيب ان يكون متجانساً، خالياً من الفقاعات والخدوش على سطحها.

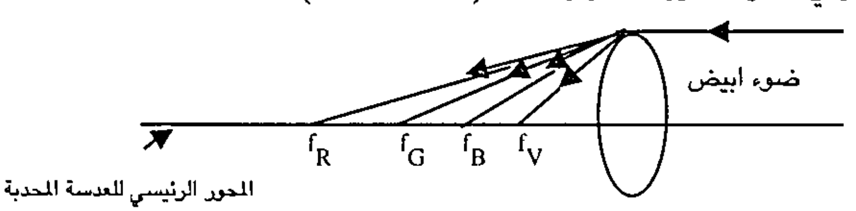
2 - القابلية للتلف اثناء الاستعمال تكون صغيرة بالنسبة للتلسكوب الكاسر بسبب تثبيت العدسات من الجهتين، بينما المرآة في التلسكوب العاكس تثبت من جهة واحدة وكذلك يلزم العناية بها باستمرار عند تغير اتجاه التلسكوب من زاوية ميل لأخرى.

3 - التلسكوب العاكس رخيص التكاليف (فأنبوبته اقصر) مقارنة بالتلسكوب الكاسر.

4 - يخلو التلسكوب العاكس من العيوب اللونية (Chromatic Aberration) التي تختص بها العدسات جميعها والموجودة في التلسكوبات الكاسرة. ويحتوي كل منها على العيوب الكروية (Spherical Aberrations) واليك شرحاً موجزاً عن كل من هذه العيوب.

العيوب اللونية

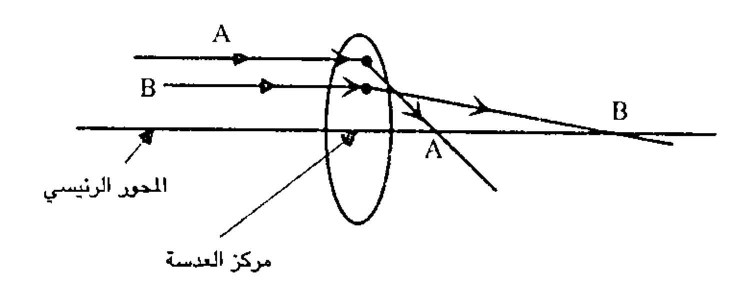
عند سقوط الضوء على العدسات ينكسر الضوء بدرجات متفاوتة يتوقف على طول موجة الضوء الساقط. ففي حالة سقوط ضوء ابيض على عدسة لامة (محدبة) يتحلل الضوء الى مكوناته الاصلية ويتجمع الضوء البنفسجي في نقطة قريبة من العدسة. ثم يليه اللون الازرق.. ثم يليه اللون الاحمر فإذا نظرنا بواسطة عدسة عينية عند بؤرة الضوء الازرق ظهرت لنا صورة النجم كنقطة مضيئة زرقاء في المركز يحيط بها حلقات ملونة بالوان الطيف المرئي فتكون صورته غير واضحة (شكل 11 - 20).



شكل (11 - 20) عدسة مركبة للتخلص من العيوب اللونية

العيوب الكروية

وتظهر بجميع العدسات وفي المرايا المقعرة والمحدبة حيث يكون لوجهيها سطوح كروية. ولا يمكن تجميع الضوء الساقط على سطوحها في نقطة واحدة. حيث ان الاشعة الضوئية التي تمر بعيدة من مركز العدسة تنكسر بدرجة اكبر من الاشعة الضوئية التي تمر قريبة من مركز العدسة وان كانت الاشعة ذات طول موجي واحد (الشكل 13 - 20).



شكل (13 - 20) انكسار الأشعة عن العدسة المحدبة

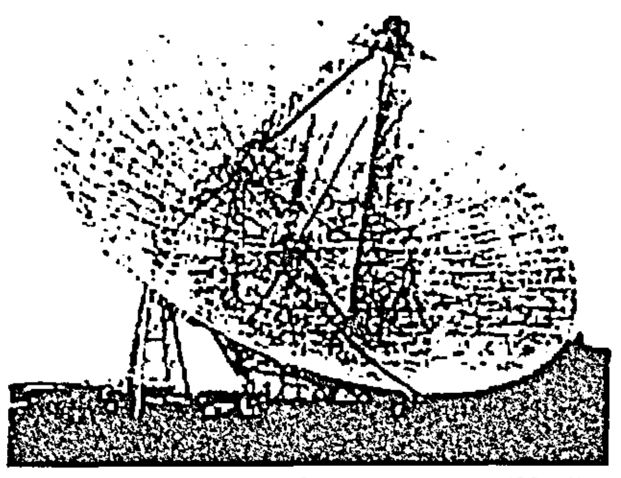
ويعالج هذا العيب الكروي بأن يكون كل وجه من اوجه العدسة على شكل قطع مكافىء (para boloid) بدلاً من الشكل الكروي.

وهناك العديد من التلسكوبات الضخمة المنتشرة في العالم منها تلسكوب عاكس قطر مرآته 200 بوصة في الولايات المتحدة كليفورنيا في عام 1984 م وآخر في الاتحاد السوفياتي بني في عام 1970 م قطر مرآته 236 بوصة.

ويلتحق بالتلسكوب عادة، ادوات واجهزة مهمة يؤدي كل منها عملاً معيناً في الابحاث الفلكية مثل مرسمة الطيف والتي تحتوي على منشور زجاجي او محزز الحيود، وكاميرات تصوير عادية واتوماتيكية مزودة بمرشحات ضوئية مختلفة، واجهزة فوتوميترس لقياس شدة الضوء النجمي الساقط او استعمال خلايا كهروضوئية حساسة تحول الفوتونات الضوئية الى الكترونات حيث تضاعف بعدها بأجهزة خاصة (انبوبة التضاعف الفوتوني) للحصول على تيارات الكترونية كبيرة حيث تسقط على شاشة فوسفورية خاصة تتوهج عند سقوط الكترونات عليها لتكون صورة للنجم والتي يمكن التقاط صورة لها على فيلم حساس بواسطة كاميرات عادية.

التلسكوبات الراديوية Raadio Telescopes

يصمم التلسكوب الراديوي لاستقابل الاشعاعات الراديوية الطويلة الموجة والتي تتراوح ما بين 0,01 م الى 30 متراً وتصل الى الارض باستمرار طوال اليوم حيث يتمكن العلماء من معرفة الكثير عن الكون والمجرات والسدم المظلمة وتصنع بعض التلسكوبات الراديوية من صفائح معدنية متصلة على شكل صحن مقعر يسمى العاكس وظيفته تجميع الامواج الراديوية التي يلتقطها من الجو وتركيزها في البؤرة، حيث يرتفع من وسطه عمود يُدعى بالهوائي، والعاكس والهوائي محمولان على هيكل دوار يمكن تحريكه في جميع الاتجاهات. ويقوم الهوائي المؤلف من شبك سلكي والذي يدور مستقلاً عن الصحن العاكس بتحويل هذه الأمواج الى نبضات كهربائية مترددة الشدة، ثم يقوم بتوجيه النبضات الكهربائية الناتجة الى المستقبل وهذا يضخمها بدوره لتظهر على شاشة الذبذبات (اوسلسكوب) على نمط معين من الصور الخطية البيانية كما ترى في الشكل. وبهذا يختلف التلسكوب الراديوي عن التلسكوب البصري في ان المعلومات التي نحصل عليها ليست صورة فوتوغرافية للجرم السماوي بل هي نبضات كهربائية مترددة.



صورة (1 - 20) تلسكوب راديوي قطره 300 قدم في ولاية فرجينيا / امريكا

كما ويصمم التلسكوب الراديوي بطريقة تضمن الحصول على اكبر قوة تحليل ممكنة وهي هنا اكبر من قوة تحليل التلسكوب البصري، وتستعمل العلاقة التالية لحساب قوة تحليل التلسكوب الراديوي.

$$R = \frac{\text{طول الموجة الراديوية}}{\text{قطر مرآة التلسكوب}} = \frac{\lambda\ (cm)}{D\ (cm)}$$

كما أنه بسبب كون طاقة الأمواج الراديوية المنبعثة من الأجرام السماوية قليلة لذلك تُصنع التلسكوبات الراديوية كبيرة الحجم.

وأحياناً يستخدم مقياس التداخل الراديوي لتحديد مكان النجوم الراديوية بكل دقة ممكنة، حيث يتكون من تلسكوبين او اكثر متباعدين بمسافة بضعة كيلومترات، وهنا تزداد قوة تحليل المقياس حيث نعوض المسافة بين التلسكوبين في العلاقة السابقة بدلاً من قطر المرآة.

ويُعد الخط الموجي الراديوي (21 سم) الصادر عن ذرات الهيدروجين في الفضاء أهم المجسات لدراسة المجرات وفضاء ما بين النجوم.

ويراعى عند اختيار المكان المناسب للمراصد الفلكية البصرية عادة المناطق الجبلية العالية (لامتدادها فوق جزء كبير من الغلاف الجوي الارضي) بينما في حالة التلسكوب الراديوي يراعى اختيار منطقة بعيدة عن الاشارات الراديوية والتلفزيونية الاصطناعية والاشارات الساكنة من السيارات وانظمة وقود ومحركات الطائرات النفاثة.

التلسكوبات في الدراسات الفلكية في نطاق الاشعة المختلفة.

نحن نعلم بأن الاشعاعات النجمية او المنعكسة عن الكواكب تشمل المنطقة المرئية من الطيف وتمتد خارج حدودها لتشمل مناطق غير مرئية. ويعتبر الغلاف الجوي الارضي (بخار الماء) غير منفذ للاشعاعات الفوق بنفسجية والسينية (أي أقل من 3100 انجستروم) وكذلك لجزء كبير من الاشعة تحت الحمراء (25000 - 40000 انجستروم) إلا ان قسماً من الاشعة تحت الحمراء ينفذ الى الارض (اقل من 25000 انجستروم ويمكن استخدام التلسكوبات البصرية العملاقة لقياسها على الأرض، بعد تجميعها في البؤرة (على الرغم من صعوبة ذلك باستخدام عدسات زجاجية) ولذلك لدراسة الطيف الكامل للاشعة تحت الحمراء او الاشعة فوق بنفسجية يلزم استخدام تلسكوبات في الفضاء (فوق الغلاف الجوي الارضي) وذلك عن طريق استعمال طائرات تحلق على ارتفاعات عالية (كالبوينج 747) او البالونات او الصواريخ او الاقمار الاصطناعية التي تدور في مدارات حول الارض.

هذا ويواجه المشتغلون في مجال دراسة الاشعة تحت الحمراء باستخدام تلسكوبات على الارض او في الفضاء من مشكلة انبعاث اشعة تحت الحمراء من الاجهزة التلسكوبية فسها والتي قد تتداخل مع الاشعة القادمة من النجوم او السدم او الكواكب، ولمعالجة هذه الامور توضع الاجهزة داخل اوعية مملوءة بسائل النيتروجين (عند درجة حرارة $^{0}77$ مطلقة) او سائل الهيليوم (عند درجة حرارة $^{0}4$ مطلقة) لتبريدها، وتبقى فتحة صغيرة لاستقبال الاشعة تحت الحمراء من الفضاء.

والجدير بالذكر ان الاجهزة الحديثة الكاشفة عن الاشعة تحت الحمراء تتكون من صف او عدة صفوف من القطع الصغيرة (Tiny Chips) من مواد شبه موصلة تشكل جزءاً من دوائر كهربائية والتي تتصل بدورها بأجهزة مضخمة للاشارات الكهربائية الصغيرة الناتجة. وتبنى المراصد الفلكية باستخدام الاشعة تحت الحمراء على الارض في المناطق المرتفعة جداً والباردة (اعلى من 3 كم) حيث تقل نسبة الرطوبة في الجو، وفوق طبقة التروبوسفير ان امكن.

أما بالنسبة لدراسة صورة الكون باستخدام الاشعة فوق بنسية، فيجب استخدام تلسكوبات تشبه التلسكوبات البصرية من حيث المبدأ وتحملها صواريخ عابرة للفضاء او اقمار صناعية تدور في مدارات حول الارض او القمر وتبعث بمعلوماتها لاسلكيا الى الارض، الا ان سطوح هذه التسلكوبات الضوئية بحاجة الى طلاء خاص له انعكاسية عالية للاشعة فوق بنفسجية (12000 - 4000) انجستروم، اما بالنسبة لمصادر الاشعة السينية في الكون تكون عادة نجوم فوق متفجرة (Supernova) ، حيث تبلغ درجة حرارة الغاز المنطلق

منها حوالي مليون درجة مطلقة، ولدراستها يجب استخدام تلسكوبات خاصة تطلق الى الفضاء، مع العلم انه ليس من السهل بناء تلسكوبات عاكسة للأشعة السينية، لأن معظم المواد غير شفافة بما فيه الكفاية للاشعة السينية (معظمها يمتص الاشعة السنينة الا انه من الممكن استعمال سطوح على شكل قطع زائد او مكافىء مصقولة جيداً بحيث تكون زاوية سقوط اشعة اكس مع السطوح صغيرة جداً حتى تتجمع في نقطة، وبعدها تستخدم كواشف خاصة (كالخلايا الكهروضوئية) لتحويل الاشعة السينية او الفوق بنفسجية الى اشارة كهربائية يجري تضخيمها مرات عديدة، وقياس طاقتها.

أما بالنسبة لدراسة اشعة جاما القادمة من الفضاء الكوني، فتزداد صعوبة تجميعها في بؤرة واحدة على مبدأ التسلكوب العاكس ولذلك لا بد من استخدام تقنيات اخرى متطورة مثل بناء حجرة تأين مملؤة بغاز الارغون او الميثان، وتُحمل في صاروخ او بالون وعند سقوط اشعة جاما عليها بتأين الغاز الى ايونات موجبة والكترونات سالبة، وتتجمع الالكترونات على شكل اشارة كهربائية يجري تضخيمها مرات عديدة، ويرسم منحنى الطاقة لها. وقد تستعمل كواشف بلاستيكية تتأثر بأشعة جاما أو كواشف من مواد شبه موصلة. وتقوم وكالة الفضاء الاميركية بمثل هذه الابحاث منذ عام 1946 حتى هذه الأيام.

الخلاصة

ناقشنا في هذا الفصل استخدام التلسكوبات على الأرض وفي الفضاء للدراسات الفلكية، حيث ناقشنا الوظائف الرئيسية للتلسكوبات وطريقة عملها وطبيعة تكون الصور فيها وانواعها المختلفة.

اسئلة وتمارين

1) قارن بين التلسكوبات الكاسرة والعاكسة من حيث اوجه الشبه والاخلاف؟

2) ما هي الشروط المناسبة لاختيار الموقع المناسب لمرصد فلكي بصري؟

3) لماذا تُبنى بعض التلسكوبات في الفضاء؟

4) لماذا تصنع التلسكوبات الراديوية كبيرة جداً؟

5) احسب التكبير الناتج للصورة المتكونة لتلسكوب قطره 100 انش، إذا كان البعد البؤري للعدسة الشيئية (400) انش). أما البعد البؤري للعدسة العينية فهي (2 انش).

6) ما المقصود بالتألق النجمي؟ ولماذا يحدث؟

المراجع العربية

أبو العنين، حسين سيد (1979)، كوكب الأرض وظواهر التضاريسية الكبرى، الطبعة الخامسة.

أبو العنين، حسين سيد (1985)، **أصول الجغرافيا المناخية**، دار النهضة، بيروت، لبنان.

الأمير، علي (1986)، **الكون العميق**، الطبقة الأولى.

الجزيري، سعيد، وسليمان محمد أمين (1982)، **أساسيات الفيزياء**، تأليف ف- بوش (الكتاب مترجم). دار ماكجروهيل للنشر.

الجنابي، موسى ورفيقاه (1990)، **مبادئ العلوم النووية**، ط1، دار الشؤون الثقافية العامة- بغداد- العراق.

الدفاع، علي عبد الله (1980)، **اثر علماء العرب والمسلمين في تطوير علم الفلك**، مؤسسة الرسالة، بيروت.

الشيخ، عمر حسن (1983). **مقدمة للبصريات والكلاسيكية والحديثة**، ط1، منشورات مجمع اللغة العربية الأردني، عمان- الأردن. (كتاب مترجم).

الكوفحي، محمود، وغيث، عبد السلام (1990). **الكهرباء والمغناطيسية**، الطبعة الثانية، دار الأمل، إربد، الأردن.

اللحام، نبيل، ودبابنة، منير، وأيوب، نبيل، (1990). **مقدمة في علم الميكانيكا لطلبة العلوم والهندسة**.

النعيمي، حميد مجول، وفياض عبد اللطيف النجم (1984). **فيزياء الجو والفضاء**، الجزء الأول، منشورات وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، الجمهورية العراقية.

الوهر، طاهر محمود (1985). **الكيمياء العامة والتحليلية**، ط1، دار عمار للنشر والتوزيع، عمان - الأردن.

أم. النسو. وأي جي فن. ترجمة علاء الدين عبد الله النعيمي، قاسم محمود علي، إبراهيم محمد علي الجوادي، سامي مظلوم صالح (1989)، **الفيزياء- الجزء الأول والثاني**، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، بغداد.

جرار، عادل أحمد (1990). **أصول الكيمياء العضوية** ، ط2، مركز الكتاب الأردني، عمان - الأردن.

جرار، عادل أحمد (1983). **الكيمياء العضوية - الجزء الأول**، ط2، جون وايلي وأولاده، (كتاب مترجم).

جرار، عادل أحمد ورفيقاه (1989). **الكيمياء العامة**، دار الفكر للنشر والتوزيع، عمان - الأردن.

جون براندت، وستيفن ماران (1982)، **افاق جديدة في علم الفلك**. ترجمة احمد حسين سلامة، ود. محمود اسحاق ونس، منشورات مكتبة الوعي العربي.

خليل، أحمد محمد (1990). **الإشعاع المؤين، خصائصه واستخداماته وتاثيراته الحيوية**، ط1، منشورات جامعة اليرموك- عمادة البحث العلمي والدراسات العليا، إربد - الأردن.

رأفت، كامل واصف (1977). **أساسيات الميكانيكا وخواص المادة والحرارة**، الطبعة الرابعة. القاهرة، دار المعارف، كورنيش النيل.

سعسع، سليمان عيسى، وحلبي، مأمون عيسى (1985). **الكيمياء العامة، المبادئ والبنية، الجزء الأول**، الطبقة الثانية، جون وايلي وأولاده. (كتاب مترجم).

سلومي، عصام ورفيقاه (1986). **الكيمياء**، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، العراق.

سير جيمس جنتز (1962)، **النجوم في مسالكها**، ترجمة د. أحمد عبد السلام الكرواتي، الطبعة الثالثة، مطبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر.

شهاب، يوسف عبد الله وآخرون (1984). **مبادئ الكيمياء- الجزء الثاني**، جامعة الموصل، وزارة التعليم

العالي والبحث العلمي العراقية، العراق.(كتاب مترجم).

عشري، عبد المنعم السيد (1983)، الكواكب والنجوم والمجرات، الهيئة المصرية العامة للكتاب.

علي، شمس الدين (1979) الضوء الهندسي، منشورات جامعة حلب، كلية العلوم، حلب، سوريا.

علي، لطيف حميد (1990). اسس وتطبيقات في الكيمياء الصناعية، جامعة الموصل، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، العراق.

عمران، طالب (1976، العالم من حولنا، منشورات وزارة الثقافة والإرشاد القومي، دمشق.

عودة، صادق وطشطوش حسن (1988). الكيمياء العضوية، مفاهيم وتطبيقات، الطبعة الأولى، دار الأمل، إربد- الأردن. (كتاب مترجم).

ف. بوتس، ترجمة د. سعيد الجزيري، د. محمد أيمن سليمان، مراجعة أ.د. محمد عبد المقصود الناوي (1989) أساسيات الفيزياء، دار ماكجروهيل للنشر، والدار الدولية للنشر والتوزيع، الطبعة الثانية.

كامل مصطفى وآخرون (1981). مبادئ خواص المادة والحرارة، ط2، مطابع جامعة الرياض، الرياض، السعودية.

موسى، علي، ومخلص الريس (1986)، علم الفلك.. مفاهيمه واسسه، الكتاب الأول، دار دمشق للطباعة والنشر والتوزيع والنسخ.

ميرزا، محمد قيصرون (1990) الميكانيكا وخواص المادة، الطبعة الثانية، دار الأمل، إربد، الأردن.

نيكلسون، لين. ترجمة د. علي مصطفى بن الأشهر (1983) علم الفلك، مكتبة الثقافة العلمية الميسرة، معهد الإنماء العربي.

المراجع الأجنبية

Aherns, L. M. (1965): **Distrbution of the Elemnts our Planet** McGraw-Hill, New York.

Berry, L.G., Mason, B. and Dietrich, R. V. (1983). **Mineralogy Book.** W. H. Freemen, San Francisco.

Bradshaw, M. J., Abbott A. J. and Gelsthorpe, A. P. (1978). **The Earth's Changing Sur** face. John Wiley, New York.

Bradshow, M.J. (1977): **Eartb, The Living Plant. Hodder and Stoagton**, Whitstable.

Condie, K. C. (1982): **Plant tectonics and crustal evolution book.** 2nd es., pergamon perss. Elmsford, New York.

Dana, J.D. (1985). **Manual of Mineralogy.** 20th ed., john Wiley and Sons, New York.

Degani, Meir H.(1976). **Astronomy Made Simpe**. Doubleday & Company, INC.

Dietrich, R. V. and Skinner, B. J. (1979): **Rocks and Rock Minerals**. John Wiley & Sons, Somerset, N. J.

Ebbighausen, E. G. (1976). **Astronomy**. 3rd edition. Charles E. Merrill Publishing Company.

Fitz Patrick, E.A. (1983). **Soils Their Formation**, Classification and Distribution, Longman Group, Hong Kong.

Halliday, D., and Resnick, R., (1981). **Fundamentals of Pbysics,** Jhon Wiley and Sons,

New York.

Hamblin, W. K. (1985). **The Earth's Dynamic Systems.** Burgess Publishing, Minneapolis, Minnesota.

Hudson, A., and Nelson, R., (1984). **University physics**, HBJ Inc., New York.

Mason, B. (1966). **Principles of Geochemistry**. John Wiley & Sons. New York.

Mason, R. (1978). **Petrology of the metamorphic rocks**. Allen and Unwin, Boston.

Match, F.M., Wells, A. K. & Wells, m. k. (1974). **Petrography of the igneous rocks.** Thomas Murby & Co., London.

Miller, F., gr., (1982). **College Phyics,** 5th edition, Harcourt- Brace Joranovitch.

Morrison, David & Owen, Tobias. (1988). **The Planetary System**. Addison- Wesley Publishing Company.

Ollier, C.D. (19879). **Weathering**. Longman group Limited, London. Pasachoff, Jay. M. (1986). Abrief View of Astronomy. CBS College Publshing.

Serway, R.A., (1986). **Physics,** Sounders College Publishing.

Snow, Theodore P. (1987). **Essentials of the Dynamic Universe.** 2nd edition. West Publishing Company.

Tyrrell, G. W. (1926). **The Principles of Perology.** Chapman & Hall Ltd. London.

Winkler, H. G.F. (1979). **Petrogenesis of metamorphic rocks.** Springer Verlag, New York.

Zelik, Michael & P. Smith, Elske V. (1987). **Introducry Astronomy and Astrophysiscs.** 2nd edition. CBS college Puvlishing.

العلوم الطبيعية



